ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN A LA PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA

ING. CARLOS GUSTAVO LARA OSPINA
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE IBAGUÉ
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN A LA PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA

Presentado por:

Ing. CARLOS GUSTAVO LARA OSPINA

Proyecto presentado para optar el título de especialista en patología de la construcción

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

IBAGUÉ. 2017

ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN A LA PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA

Presentado por:

CARLOS GUSTAVO LARA OSPINA

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO:

ING. CARLOS ANDRÉS GARCÍA PÁEZ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

IBAGUÉ. 2017

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN 9

2. OBJETIVOS 10

2.1 OBJETIVO GENERAL 10

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10

3. JUSTIFICACIÓN 11

4. ALCANCE 12

5. METODOLOGÍA 13

6. MARCO REFERENCIAL 14

6.1 MARCO LEGAL 14

6.2 MARCO TEÓRICO 14

6.3 MARCO CONCEPTUAL 18

7. SELECCIÓN DEL PACIENTE 19

7.1 LOCALIZACIÓN 20

7.2 FECHA DE CONSTRUCCIÓN 21

8. PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO 22

8.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR 22

8.1.1 Inventario de anomalías 22

8.2 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL ESTUDIO 25

8.2.1 Etapas del proceso de recopilación de la información en el paciente 26

8.3 EQUIPOS NECESARIOS PARA REALIZAR LAS EXPLORACIONES 27

8.4 ESTUDIOS DE LABORATORIO 27

9. HISTORIA CLÍNICA 28

9.1 USO ACTUAL Y PREVISTO 28

9.2 IMPORTANCIA 28

9.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL 29

9.4 TEMPERATURA 29

9.5 SISMICIDAD 29

9.5.1 Análisis de vulnerabilidad sísmica preliminar 30

9.5.2 Tipología estructural 31

9.6 HUMEDAD RELATIVA 32

9.7 PLUVIOSIDAD 32

9.8 TIPO DE AMBIENTE 33

9.9 VELOCIDAD DEL VIENTO 33

9.10 DATOS GENERALES DEL ENTORNO 34

9.10.1 Edificaciones U Obras Vecinas 34

9.10.2 Contaminantes Cercanos 36

10. DIAGNOSTICO 37

10.1 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL HORMIGÓN 37

10.1.1 ESTUDIO DE ESCLEROMETRÌA 37

10.3 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL ACERO 38

10.4 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS Y REPERCUSIÓN DE LAS ANOMALÍAS. 39

10.4.1 Corrosión de armaduras en elementos estructurales 39

10.4.2 Desgaste superficial por cavitación 41

11. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN 42

11.1 REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL (OPCIÓN 1) 42

11.2 REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO (OPCIÓN 2) 48

11.2.1 Método de reparación 49

12. PRESUPUESTO 51

13. PROGRAMACIÓN 52

14. CONCLUSIONES 53

15. WEBGRAFÍA 54

16. BIBLIOGRAFÍA 54

17. APÉNDICES 55

18. ANEXOS 60

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación General del Proyecto. _____ *20*

Ilustración 2. Levantamiento Planta _____ *21*

Ilustración 3. Perdida de sección en los elementos estructurales _____ *23*

Ilustración 4. Desgaste superficial por cavitación en la estructura de hormigón. _____ *24*

Ilustración 5. Imagen aérea casa de máquinas planta la sierra "estado actual" _____ *28*

Ilustración 6. Planta Sótano 2 _____ *34*

Ilustración 7. Planta Sótano 1 _____ *35*

Ilustración 8. Planta Casa de Maquinas _____ *35*

Ilustración 9. Vista Aérea de La Planta _____ *36*

Ilustración 10. Reparación con mortero estructural - Figura 1 _____ *42*

Ilustración 11. Reparación con mortero - Figura 2 _____ *43*

Ilustración 12. Reparación con mortero - Figura 3 _____ *44*

Ilustración 13. Formas en las cuales se debe realiza la reparación _____ *45*

Ilustración 14. Formas en las cuales se debe realiza la reparación _____ *45*

Ilustración 15. Reparación con mortero - Figura 4 _____ *47*

Ilustración 16. Método de reparación _____ *49*

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de PHC según Potencia Instalada _____ *15*

Tabla 2. Clasificación de PHC según caída _____ *15*

Tabla 3. Clasificación de PHC según potencia instalada. _____ *16*

Tabla 4. Equipos utilizados en el paciente _____ *18*

Tabla 5. Categorización de sismicidad _____ *29*

Tabla 6. Clasificación de vulnerabilidad sísmica del paciente según inspección visual _____ *30*

Tabla 7. Caracterización del acero en columnas y pantalla _____ *38*

1. RESUMEN

Con el propósito de demostrar las competencias como futuros patólogos, en lo que tiene que ver con la conceptualización clara de los conocimientos recibidos y la metodología de investigación propuesta, dentro del marco de la especialización en patología de la construcción, se plantea la ejecución de un TPI (Trabajo Profesional Integrado).

El trabajo pretende la aplicación de metodología propuesta en la Guía de Realización y Presentación del trabajo profesional Integrado TPI a un paciente específico previamente visitado.

Para la realización de este estudio se eligió al paciente "PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA" el cual son unas Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, de ahí sus siglas PCH, en donde inicialmente se realizó una inspección ocular para verificar el estado actual de los elementos estructurales y determinar qué tipo de ensayos destructivos y no destructivos.

Se realizó la recolección de datos a través de la información verbal suministrada por el operario de la planta debido a que su construcción data en el año 1956 y no existen planos, de igual manera para complementar la recolección de datos también se efectuó un levantamiento de la estructura, sobre el cual se hizo un registro de las lesiones y puntos de tomas de muestras para los ensayos destructivos y no destructivos complementándolo con un estudio de suelos realizado en el sector.

En la etapa de diagnóstico se analizaron varias hipótesis, las cuales estuvieron influenciadas por los datos obtenidos en los ensayos en campo como, Esclerómetro, estudio de suelos, carbonatación y detección del acero de refuerzo por medio de regatas y ferro Scan, y posteriormente se procedió a la propuesta de intervención para el paciente en estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar el estudio patológico la PCH (pequeñas centrales hidroeléctricas) Rio Recio la Sierra, Lérida Tolima desde su diagnóstico hasta el planteamiento de las dos propuestas de intervención.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una inspección inicial determinando el procedimiento para diagnosticar las lesiones del paciente.

- ✓ Detectar elementos y puntos estructurales de mayor afectación, registrándolas en fichas de clasificación para áreas que presentan lesiones o tipos de patologías, los cuales serán evaluados y analizados a partir de un procedimiento técnico implementado.

- ✓ Implementar, desarrollar y obtener resultados técnicos a partir de exploraciones y tipos de ensayos destructivos y no destructivos.

3. JUSTIFICACIÓN

Este estudio se presenta para la PCH (pequeñas centrales hidroeléctricas) ubicado en el rio recio la sierra en el municipio de Lérida Tolima, por la necesidad de diagnosticar e intervenir algunos de los elementos estructurales que componen el paciente donde se encuentran ubicadas las maquinas que conforman la pequeña central hidroeléctrica, ya que la mayoría de estos elementos estructurales presentan perdida de sección y desgaste por abrasión por su continuo uso, debió a que son sometidos a constantes presiones hidrostáticas.

Este estudio también se presenta para determinar el estado actual de los materiales que conforman los elementos estructurales (concreto y acero) ya que se tienen registros que la planta fue construida en el año de 1956 la cual lleva más de 60 años de uso y es de gran importancia para el sector puesto que suministra la energía a la población de la Vereda La Sierra y alrededor de 2500 habitantes del Municipio de Lérida.

4. ALCANCE

El presente estudio patológico de la edificación se realiza a partir de la historia clínica recopilando la información encontrada, para luego determinar un método de intervención generando un diagnostico detallado, teniendo en cuenta la identificación de cada una de las lesiones tanto físicas, químicas y mecánicas obtenido a partir de los ensayos destructivos y no destructivos necesarios para determinar una correcta propuesta de intervención.

Estos estudios y ensayos técnicos son válidos para realizar cualquier tipo de diagnóstico y rehabilitación en la construcción evaluada, la cual fue revisada e inspeccionada por profesionales en el área de ingeniería civil.

5. METODOLOGÍA

Para el presente estudio patológico y propuesta de intervención se definió la metodología la cual inicia con una fase de observación en donde a raíz de ésta, se determina a criterio del profesional el procedimiento adecuado y ensayos necesarios para identificar las causas de las lesiones presentes(lesión física, lesión mecánica y lesión química),; hallando su origen basado en los criterios y análisis de los resultados de laboratorio para realizar el apropiado estudio patológico.

Durante la fase de recopilación de información se busca determinar el año y método de construcción; en estas fases también se busca algún tipo de planos de la época para saber cómo se conformaba la cimentación y demás elementos estructurales de la edificación.

En la fase de inspecciones técnicas se realizaron tipos de ensayos mecánicos, los cuales están directamente ligados a las causas directas según la tipología de la lesión o indirectamente al diseño, ejecución, material o ausencia de mantenimiento de la estructura.

Finalmente se hizo un diagnóstico para posteriormente hacer dos propuestas de intervención acorde a las lesiones presentadas por el paciente.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 MARCO LEGAL

En la construcción de la PCH RIO RECIO LA SIERRA EN EL MUNICIPIO DE LÉRIDA TOLIMA, se tienen registros que su construcción se inició en el año 1956 lo cual es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

En décadas pasadas, la mayoría de municipios de nuestro país disponían de su Pequeña Central Hidroeléctrica (PCH), las cuales en su mayoría fueron construidas con recursos económicos propios y parte de la ingeniería de diseño y construcción, era nacional. En la década de los setenta éstas PCH's fueron absorbidas por grandes proyectos hidroeléctricos, que conformaron la base de la generación a través del sistema interconectado nacional. Actualmente el potencial de generación de energía en pequeña escala se aproxima a 2.5 veces la potencia instalada en el País; este factor abre un espacio importante para explotar estos recursos, se suman a éste, la crisis del sector eléctrico durante el fenómeno del niño, la ley de servicios públicos 142 del año 1994, la ley eléctrica 143 del año 1994, la ley ambiental 99 del año 1993. (ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, Bogotá: McGraw- Hill, 2001.)

6.2 MARCO TEÓRICO

Pequeñas centrales hidroeléctricas: Son centrales de generación hidroeléctrica, con una potencia de generación baja. Se pueden definir como el conjunto de obras civiles y estructuras hidráulicas generales y específicas que, complementadas con su correspondiente equipo electromecánico, aprovechan las energías potenciales y cinéticas del agua para producir energía

eléctrica. Esta energía es conducida por diferentes líneas de transmisión a los centros de consumo, en donde se utiliza en alumbrado público y residencial, operación de aparatos, electrodomésticos y demás necesidades eléctricas de la zona en donde se lleva a cabo el proyecto. (ZOPPETTI JÚDEZ, Gaudencio. Centrales hidroeléctricas: su estudio montaje, regulación yensayo. 2 ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1969. p. 206.)

La Organización Latinoamericana de energía OLADE clasifica las PCH´s de acuerdo a la potencia instalada como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1. Clasificación de PHC según Potencia Instalada

POTENCIA (kW)	TIPO
0 – 50	Micro central
50 – 500	Minicentral
500 – 5000	Pequeña Central

Fuente: ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, Bogotá: McGraw-Hill, 2001. p. 28.

Según la caída se clasifican como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Clasificación de PHC según caída

	Baja (m)	Media (m)	Alta (m)
Micro	H < 15	15 < H < 50	H > 50
Mini	H < 20	20 < H < 100	H > 100
Pequeña	H < 25	25 < H <130	H > 130

Fuente: ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, Bogotá: McGraw-Hill, 2001. p. 30.

Según la potencia las centrales hidroeléctricas se clasifican en la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación de PHC según potencia instalada.

TIPOS	POTENCIA (MW)
Micro centrales	menores a 0.1
Minicentrales	de 0.1 a 1
Pequeña central hidroeléctrica	de 1 a 10

Fuente: ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, Bogotá: McGraw-Hill, 2001. p. 32.

Tipos de centrales hidroeléctricas: El aprovechamiento hidro-energético se puede realizar construyendo una presa para crear un embalse, esta forma requiere de gran profundidad en su diseño y gran tecnología. Este tipo de obra no es recomendable para las pequeñas centrales, por cuanto son obras costosas que en la mayoría de los casos encarecen el costo de kw instalado. La otra forma es por medio de la derivación del caudal; este caso tiene un fácil diseño y es posible usar tecnología regional; en Colombia, dentro del rango de potencia instalada de 100 a 1000 kW, este es el tipo de PCH usadas. (ZOPPETTI JÚDEZ. Op. cit., p. 207.).

Elementos que componen una PCH

Tanque de presión: Es un tanque en el que la velocidad del agua es cercana a cero, empalma con la tubería a presión, y debe evitar el ingreso de sólidos y de burbujas de aire a la tubería de presión, y amortiguar el golpe de ariete; además, debe garantizar el fácil arranque del

grupo turbina-generador y tiene un volumen de reserva en caso de que las turbinas lo soliciten. (Ibíd., p. 218).

Tubería de presión: Es la tubería que transporta el caudal de diseño a la turbina; se apoya en anclajes que soportan la presión de agua y la dilatación por los cambios de temperatura. (Ibíd., p. 219.)

Casa de máquinas: Es el sitio donde se encuentra la turbina, los generadores, los equipos auxiliares, las válvulas de admisión y los aparatos de maniobra, regulación y protección; allí se transforma la energía hidráulica en mecánica, y ésta en eléctrica; en la casa de máquinas está la conexión al sistema de transmisión. (Ibíd., p. 223).

Turbinas hidráulicas: Son máquinas que transforman la energía potencial, cinética y de presión del agua, en energía mecánica de rotación. Se clasifican según su funcionamiento, en turbinas de acción, las cuales utilizan solo la velocidad del agua para poder girar; y en turbinas de reacción que emplean, tanto la velocidad como la presión, para desempeñar el trabajo de rotación. (Ibíd., p. 229).

Ataguías: Se emplean para cerrar el acceso de agua a la toma cuando es necesario realizar una limpieza de la instalación o reparaciones en las conducciones. (Ibíd., p. 232.)

Válvulas: Pueden ser de compuerta, de mariposa o esférica. Las válvulas ofrecen una mayor fiabilidad que las compuertas, pero producen mayores pérdidas de carga y se utilizan principalmente en centrales donde el salto es considerable. (Ibíd., p. 236).

Generador: Es una maquina acoplada a la turbina, que convierte la energía mecánica de rotación en energía eléctrica, en su circuito de salida. (Ibíd., p. 240).

6.3 MARCO CONCEPTUAL

Para iniciar la revisión del paciente se debe de tener claro cuáles son los equipos para realizar ensayos destructivos y no destructivos que nos ayudan a dar un diagnóstico más detallado y determinar cuáles son las causas por las que se puede estar presentando dicha lesión.

Los equipos utilizados son:

Tabla 4. Equipos utilizados en el paciente

EQUIPO UTILIZADO	TIPO DE ENSAYO	OBJETIVO	ILUSTRACIÓN
Ferroscan (Bosch 120)	Ensayo no destructivo: obtención de la posición y el área de refuerzo.	Detectar la posición, recubrimiento y el área de refuerzo de los elementos estructurales evaluados.	
Martillo neumático y solución líquida (fenolftaleína)	Ensayo destructivo: evaluación de la carbonatación.	Determinar el avance de la carbonatación en el hormigón por el método de vía húmeda con solución de indicador ácido base (fenolftaleína).	
Esclerómetro	Ensayo no destructivo: índice de rebote (esclerómetro Schmidt)	Estimar la resistencia a la compresión del hormigón de una parte determinada de la obra o construcción a cierta edad o tras un curado en condiciones análogas.	

Fuente: El Autor

7. SELECCIÓN DEL PACIENTE

Se eligió este paciente el cual por su ambigüedad se necesitaba revisar el estado de los materiales de construcción que conforman los elementos estructurales en la casa de máquinas, la cual es una estructura a porticada conformada por tres niveles.

Ya que esta construcción tuvo su inicio en el año de 1956 y tiene más de 60 años de uso, se contó con el permiso de la administración del lugar para realizar las visitas y los estudios necesarios para determinar el deterioro de la estructura y las posibles propuestas de intervención.

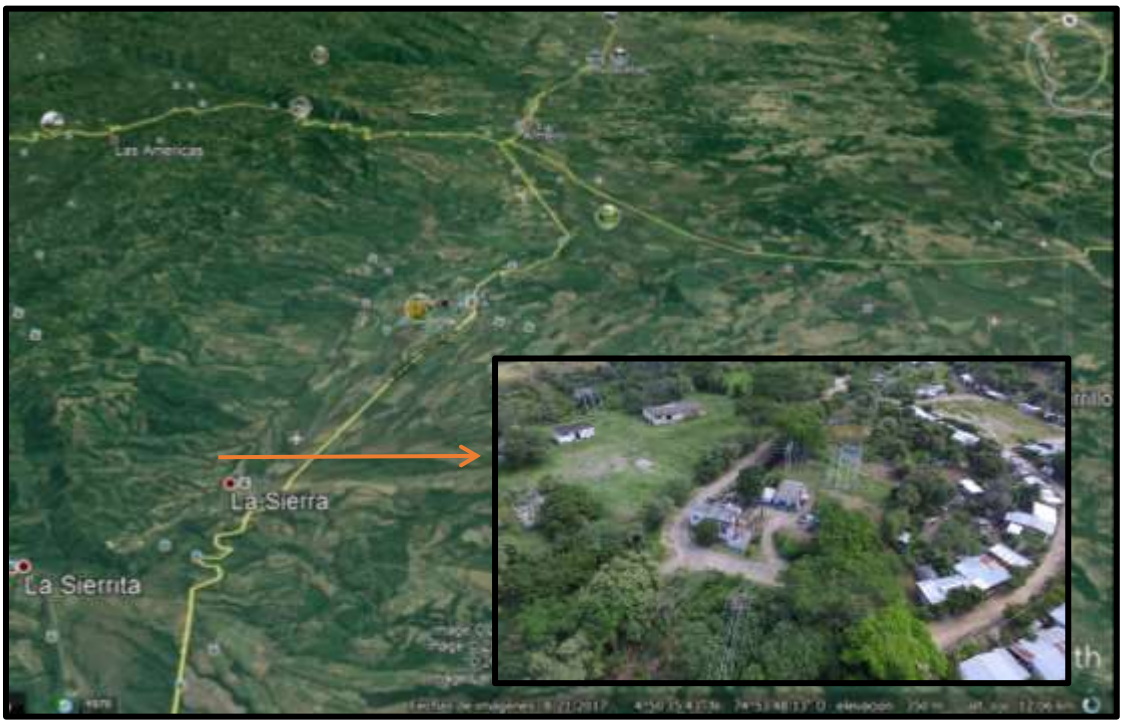
7.1 LOCALIZACIÓN

Geográficamente el proyecto estudiado se encuentra ubicado a 5 km de la vía Venadillo – Lérida, en laVereda la Sierra, Municipio Lérida Tolima.

Coordenadas geográficas

4°47’45.26”N 74°56’15.54”O elevación 474 msnm

Ilustración 1. Ubicación General del Proyecto.



Fuente: Google Earth

Ilustración 2. Levantamiento Planta

Fuente: El Autor

7.2 FECHA DE CONSTRUCCIÓN

Año 1956 según registros en la planta.

8. PREPARACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

8.1 INSPECCIÓN PRELIMINAR

Se realizó la inspección preliminar el día 20 de agosto del año 2016 a la planta PCH rio recio en la Vereda la Sierra en el Municipio de Lérida Tolima para verificar visualmente el estado de los elementos estructurales que componen la casa de máquinas, ya que se indagó sobre el estado de los materiales de construcción los cuales tienen un uso de más de 60 años y algunos con continuo contacto del agua.

Se realizó una inspección visual del entorno de la planta la cual no tiene edificaciones vecinas que puedan provocar algún tipo de asentamiento por consolidación secundaria en la estructura, en esta visita se determinó que la estructura es una estructura aporticada con elementos estructurales tipo vigas, columnas y muros, que soportan las cargas generadas por las máquinas y por el continuo paso del agua, la cual genera adicionalmente unas cargas hidrostáticas en el sistema.

Se realizó un recorrido por las tres plantas que componen la casa de maquinas la cual va hacer la zona en la que se va a basar este estudio, y se encontraron las siguientes anomalías:

8.1.1 Inventario de anomalías

Durante la inspección, se detectaron en la estructura diversas anomalías que se procede a describir a continuación:

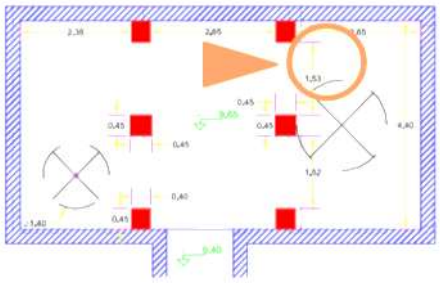
→ Corrosión de las armaduras en elementos estructurales.

Una de las anomalías detectadas es la corrosión de la armadura en la placa de entrepiso entre el sótano No. 1 y sótano No. 2 la cual se encuentran descubiertas y en avanzado estado de corrosión al no presentar ningún tipo de recubrimiento.

La corrosión se manifiesta primeramente con la aparición de fisuras en los elementos estructurales afectados cuya trayectoria coincide con la armadura oxidada que entra en constante contacto con el agua.

En este caso se observa que el recubrimiento pudo ser insuficiente para un elemento estructural que iba a estar en constante contacto con el agua, el cual produjo disgregación y pérdida del recubrimiento por las grandes presiones a la que es sometida esta sección de la placa.

Ilustración 3. Perdida de sección en los elementos estructurales

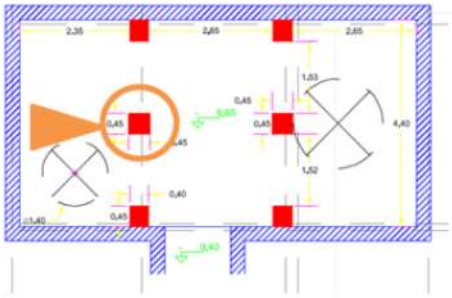
	
FOTOGRAFIA N°2	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION ENTREPISO SOTANO N°1

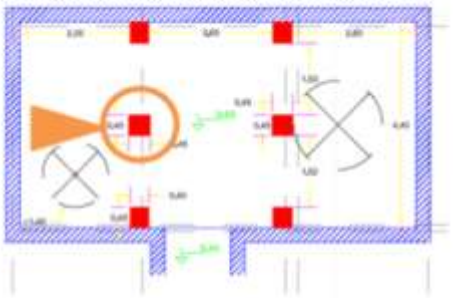
FOTOGRAFIA N°1	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION ENTREPISO SOTANO N°1

Ilustración 4. Desgaste superficial por cavitación en la estructura de hormigón.

FOTOGRAFIA N°3	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION COLUMNA, POR DISEGREGACION ENTREPISO SOTANO N°1

FOTOGRAFIA N°4	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION COLUMNA, POR DISEGREGACION ENTREPISO SOTANO N°1

	
FOTOGRAFIA N°5	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION COLUMNA, POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICIAL ENTREPISO SOTANO N°1

	
FOTOGRAFIA N°6	UBICACIÓN PERDIDA DE SECCION COLUMNA, POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICIAL ENTREPISO SOTANO N°1

8.2 INFORMACIÓN NECESARIA PARA EL ESTUDIO

Con el fin de realizar un diagnóstico acertado se recopilo la siguiente información en base a la inspección inicial y a las anomalías encontradas en la estructura.

- Levantamiento topográfico del predio.
- Levantamiento arquitectónico detallado de la zona en estudio “casa de máquinas”.
- Entrevista con los operadores de la planta.

- Estudio de suelos.
- Registro fotográfico detallado de los elementos estructurales que presentan alguna anomalía.
- Ensayos no destructivos (esclerómetro Smith) utilizado para obtener la resistencia actual del concreto sin realizar algún daño a los elementos estructurales.
- Ensayo no destructivo (ferro scan Bosch 120) utilizado para detectar la posición, recubrimiento y el área de refuerzo de los elementos estructurales evaluados sin generar daño en la revisión.
- Ensayo destructivo (determinar el frente de carbonatación en la estructura) utilizado para determinar el avance de la carbonatación en el hormigón por el método de vía húmeda con solución de indicador ácido base (fenolftaleína).

Se recopiló dicha información de las lesiones encontradas en la estructura las cuales fueron plasmadas en las fichas técnicas de acuerdo a cada una de las etapas del proceso en que se desarrolló el estudio patológico.

8.2.1 Etapas del proceso de recopilación de la información en el paciente

- Reconocimiento y exploración de la edificación y su entorno.
- Registro fotográfico de las zonas aledañas e inspecciones aéreas.
- Recolección de información y documentación que indiquen el proceso y año de construcción.
- Exploración detallada en el interior de la construcción por cada una de sus plantas.
- Registro fotográfico e inventario de anomalías.
- Toma de muestras, ensayos destructivos y no destructivos.

Con el fin de obtener un diagnostico coherente se realizaron los siguientes ensayos para obtener la resistencia actual de los materiales de construcción (acero y concreto) para delimitar los alcances de las exploraciones.

8.3 EQUIPOS NECESARIOS PARA REALIZAR LAS EXPLORACIONES

Para el desarrollo del estudio patológico de la PCH “casa de máquinas” se utilizó el siguiente equipo.

- Cinta métrica
- Metro
- Cámara fotográfica
- Esclerómetro Smith
- Ferroscan Bosch 120
- Solución liquida fenolftaleína
- Linterna
- Martillo neumático
- Dron phamton 3 4k

8.4 ESTUDIOS DE LABORATORIO

Ensayo no destructivo (Esclerómetro digital HT225V).

Ensayo destructivo (Evaluación de la carbonatación).

Ensayo destructivo y no destructivo (Evaluación del refuerzo)

9. HISTORIA CLÍNICA

9.1 USO ACTUAL Y PREVISTO

El paciente es una PCH “PEQUEÑAS CENTRALES HIDROELÉCTRICAS”, el enfoque del estudio abarca el área donde opera la central hidroeléctrica denominada “casa de máquinas” como se muestra a continuación.

Ilustración 5. Imagen aérea casa de máquinas planta la sierra “estado actual”

Fuente: El Autor

9.2 IMPORTANCIA

La edificación estudiada no posee importancia histórica o cultural por lo que no se le aplican los criterios de las normas actuales en cuanto a restricciones de intervención y conservación.

9.3 SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ESTRUCTURAL

Con base en la inspección inicial el paciente está construido en un sistema estructural de pórticos en concreto reforzado el cual tiene más de 60 años de uso.

9.4 TEMPERATURA

Se tienen los datos máximos, medios y mínimos de la temperatura en la estación ubicada en armero guayabal. Se consideran los siguientes valores promedio de temperatura en 10 años en grados centígrados.

→ Temperatura máxima 36.5°

→ Temperatura media 27.0°

→ Temperatura mínima 18.0°

9.5 SISMICIDAD

En la época en que se realizó la construcción del paciente no existía una normativadad la cual definiera cuales eran los movimientos sísmicos de diseño, los cuales se definen actualmente según el título A NSR – 10.

Estos valores actualmente se definen según la zona de amenaza sísmica la cual está categorizada como intermedia, para el municipio de Lérida Tolima los cuales generan los siguientes valores de aceleración pico efectiva Aa y velocidad pico efectiva Av.

Tabla 5. Categorización de sismicidad

DEPARTAMENTO DEL TOLIMA						
Municipio	**Código Municipio**	**Aa**	**Av**	**Zona de amenaza sísmica**	**Ae**	**Ad**
Lérida	73408	0.20	0.20	Intermedia	0.11	0.06

Fuente: El Autor

Por la antigüedad del paciente no se pudieron recolectar los planos utilizados para la construcción, pero se realizó un levantamiento arquitectónico detallado para el óptimo desarrollo de este estudio. (Ver el levantamiento arquitectónico en los anexos).

9.5.1 Análisis de vulnerabilidad sísmica preliminar

Se revisan a partir de un análisis visual algunos aspectos de la estructura como los aspectos geométricos, constructivos y estructurales los cuales determinan si la vulnerabilidad es baja media o alta.

Tabla 6. Clasificación de vulnerabilidad sísmica del paciente según inspección visual

CLASIFICACION	VULNERABILIDAD		
	ALTA	MEDIA	BAJA
ASPECTOS GEOMETRICOS			
Irregualridad en planta			X
Iregualridad en altura			X
Iregularaidad en desplazaminto diafragma			X
ASPECTOS COSNTRUCTIVOS			
Calidad de los materiales de construccion "Concreto"	X		
Calidad de los materiales de construcción "acero"	X		
ASPECTOS ESTRUCTURALES			
Calidad de las columnas		X	
Calidad de las vigas		X	
Calidad de las placas entrepiso		X	
Observaciones: se realizan los aspectos constructivos a partir de un análisis visual preliminar, los cuales se deciden para determinar la calidad de los materiales de construcción ensayos no destructivos y destructivos que nos permitan determinar la resistencia actual de estos materiales.			

Fuente: El Autor

9.5.2 Tipología estructural

Cimentación

Tipo de cimentación: Al ser una estructura construida en un sistema estructural de pórticos resistentes a momentos se cree que la cimentación debe estar distribuida por medio de unas zapatas aisladas amarradas con unas vigas de cimentación que previenen los asentamientos diferenciales, generando un sistema semi-rígido.

Tipo de suelo: Se realizó el estudio de suelos al paciente el cual se obtuvo que el tipo de suelo es un suelo granular pobremente gradado con un alto contenido de limo, clasificado como un (GP) el cual en un estado compacto tiene una buena capacidad portante, con pendientes menores al 5%.

Estructura

Sistema constructivo: El sistema constructivo para la zona de estudio “casa de máquinas” es un sistema a base de pórticos en concreto reforzado, el cual es aquel cuyos elementos estructurales principales consisten en vigas y columnas conectados a través de nudos formando pórticos resistentes en las dos direcciones principales del análisis (x e Y).

La placa entrepiso es una placa maciza conformada con un espesor de 30 centímetros, reforzada con una parrilla armada con unas varillas de diámetro ½” cada 20 cm en acero liso.

Concretos

Según las especificaciones técnicas para hallar la resistencia actual del concreto que conforman los elementos estructurales tipo vigas, columnas, placas y muros, se realizó un ensayo de tipo no destructivo “esclerometrìa” (ver anexos) el cual no genera ningún daño colateral.

Aceros

Según las inspecciones iniciales se pudieron referenciar ocularmente los diámetros del acero estructural que componen los elementos tanto vigas, columnas, muros y placa cuyos materiales son en acero liso tanto el refuerzo principal como el de confinamiento, lo cual es concordante para la época en la que fue construida la planta, también se realizaron ensayos de tipo no destructivo con FerroScan generando los resultados con un acero principal de refuerzo en diámetros de ½" a 3/4" con flejes de confinamiento en varilla de 3/8" en acero liso.

9.6 HUMEDAD RELATIVA

Se tienen los datos de valores medidos mensuales de humedad relativa de la misma estación, donde se registra con valores promedios durante 10 años:

→ HR máxima 58%

→ HR media 47%

→ HR mínima 40%

9.7 PLUVIOSIDAD

Se tienen los valores máximos y totales de precipitación de la misma estación, donde se registran como valores máximos de precipitación de los siguientes años.

2011- 62 mms

2012- 65 mms

2013- 70 mms

2014- 58 mms

2015- 55 mms

Los valores máximos de precipitación durante estos 5 años se presentaron en los meses de:

Mayo- 70 mms

Agosto- 68 mms

9.8 TIPO DE AMBIENTE

El ambiente de la zona es rural, pero se ve influenciado por el patrón de vientos dominantes del municipio de Lérida.

9.9 VELOCIDAD DEL VIENTO

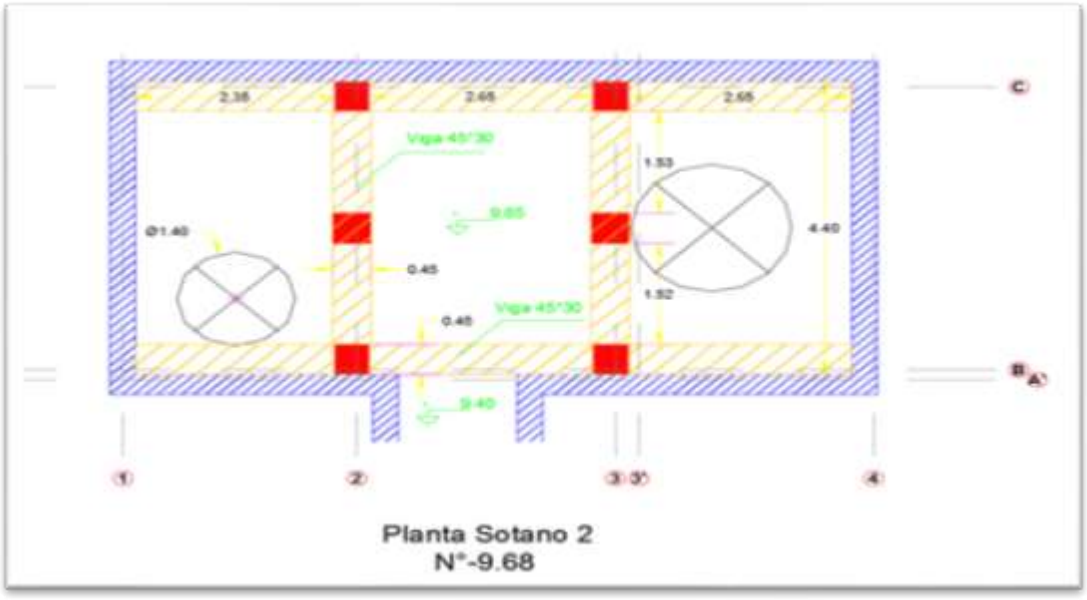
Velocidad del viento según el patrón tiene una dirección predominante de norte a sur, y datos registrados con velocidades máximas promedios en 10 años de 2.1 m/s.

9.10 DATOS GENERALES DEL ENTORNO

9.10.1 Edificaciones U Obras Vecinas

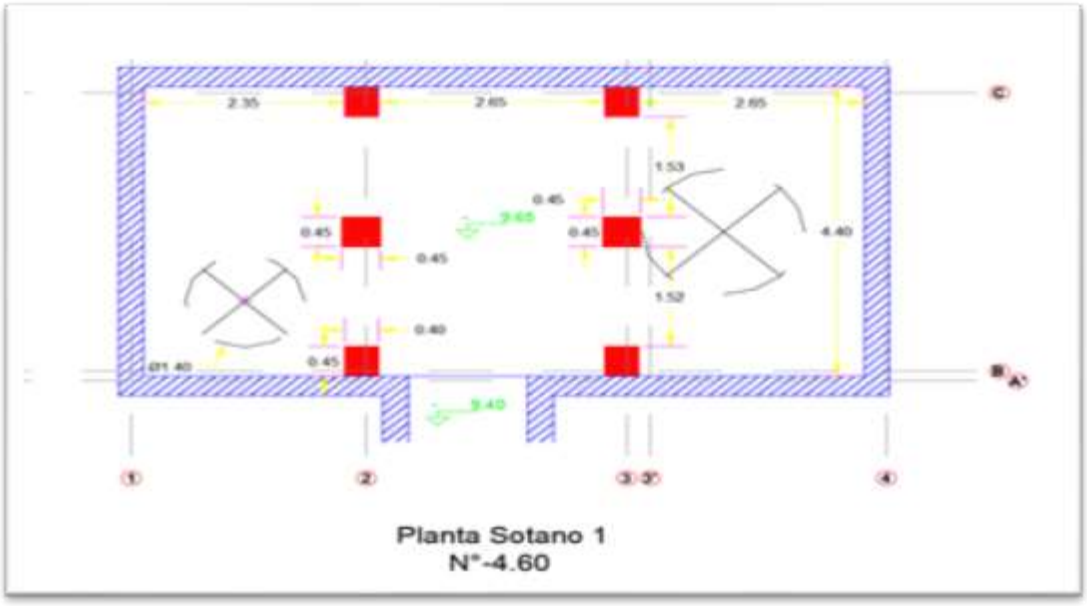
La estructura que es objeto de estudio se encuentra aislada de vecinos, ya que está ubicada en un lote de 2 Ha, tiene como vecinos lotes sin construcciones aledañas y es una estructura de tres niveles los cuales se presentan en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 6. Planta Sótano 2



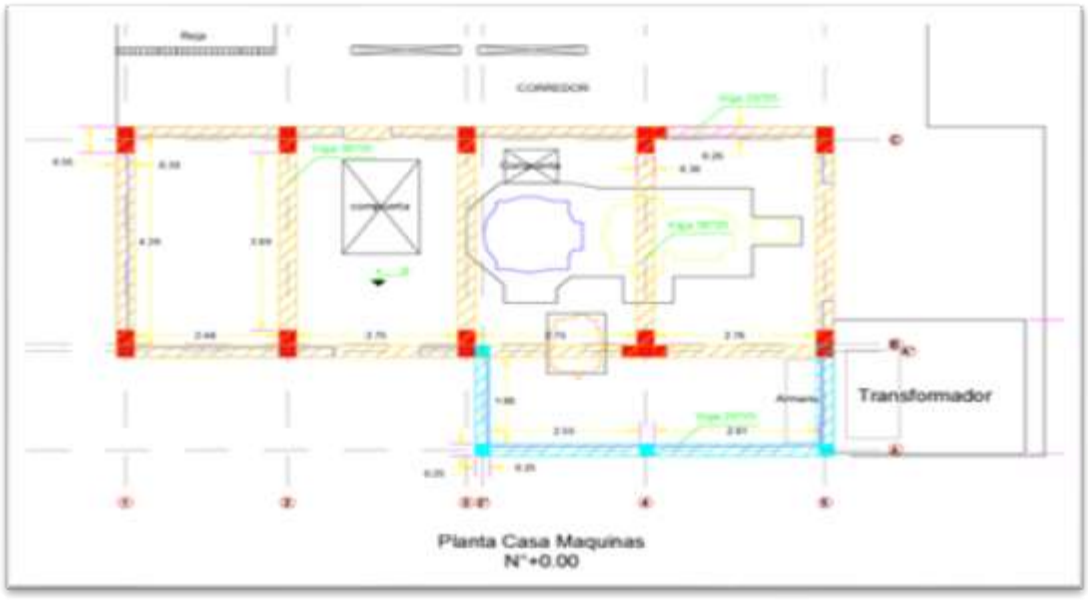
Fuente: El Autor

Ilustración 7. Planta Sótano 1



Fuente: El Autor

Ilustración 8. Planta Casa de Maquinas



Fuente: El Autor

Ilustración 9. Vista Aérea de La Planta

Fuente: El Autor

9.10.2 Contaminantes Cercanos

Vertimientos de aguas no tratadas provenientes de cultivos cercanos.

10. DIAGNOSTICO

La etapa de diagnóstico se realizó enfocada en la zona de la planta donde se localiza la casa de máquinas, en la cual como anteriormente se mencionó es una estructura en un sistema aporticado.

Basada en la información recolectada en la historia clínica, se vio la necesidad de realizar unas inspecciones adicionales, es decir, ensayos para saber que resistencia presentaban los materiales que conforman el concreto reforzado utilizado en dicha construcción.

10.1 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL HORMIGÓN

En este apartado se recogen los trabajos realizados para el estudio de las características mecánicas del hormigón en la estructura, para el citado estudio se aplicó un tipo de ensayo no destructivo de esclerometrìa.

Por las condiciones en donde se iba a realizar el ensayo no era posible la realización de un estudio de tipo destructivo como la extracción y rotura de cilindros.

10.1.1 Estudio de esclerometrìa

La finalidad de este ensayo es la determinación de la dureza superficial del hormigón endurecido a través de la cuantificación de la energía residual de impacto sobre una determinada superficie de dicho hormigón, representada a través del índice de rebote.

Los resultados obtenidos del estudio esclerómetro se muestra en el informe de resultados del ensayo, el cual se puede visualizar en los anexos (Ensayos no destructivos con el esclerómetro SMIT.)

En general el hormigón presenta un elevado índice de rebote que según los datos del ensayo corresponden con las resistencias mínimas encontradas: la bóveda localizada en la entrada de la casa de máquinas cuya resistencia dio un rango entre 30-40 Mpa, las columnas del sótano Nº2 presenta una resistencia entre 15-22 Mpa, las vigas del sótano Nº1 presentan una resistencia entre 14-21 Mpa, por lo general estos elementos estructurales como vigas, columnas y muros, presentan un frente de carbonatación de 30 mm, el cual para realizar algún tipo de reforzamiento estructural se debe retirar como mínimo éste espesor de concreto en estos elementos.

10.3 CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL ACERO

La verificación del tipo de acero se realizó mediante una inspección visual sobre las regatas echas en la estructura. Comprobando dichas inspecciones la existencia del tipo de acero es la siguiente:

Tabla 7. Caracterización del acero en columnas y pantalla

	COLUMNAS 45x45 CM	PANTALLA 20 CM
REFUERZO HORIZONTAL:	cada 20 cm con un diámetro de varilla de 3/8" con un recubrimiento entre 3.8 cm a 5 cm en la parte media de la columna.	cada 15 cm con un diámetro de varilla entre (8.0 y 9.0 mm) con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna.
REFUERZO VERTICAL:	entre (5/8" y 3/4") ocho varillas con la siguiente disposición.	cada 15 cm con un diámetro de varilla de (8.0 y 9.0 mm) con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna.
ACERO:	Liso.	Liso.

Fuente: El Autor

También se realizaron inspecciones por medio de un ensayo no destructivo de FerroScan, el cual se determinó detalladamente los diámetros y las distribuciones de los aceros de refuerzo que conforman los elementos estructurales (se anexan al final de este estudio).

10.4 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS Y REPERCUSIÓN DE LAS ANOMALÍAS.

10.4.1 Corrosión de armaduras en elementos estructurales

El fenómeno de la corrosión de las armaduras en estructuras de hormigón armado está directamente relacionado con la durabilidad de la estructura. La protección de las armaduras contra la corrosión se basa en el carácter básico (alcalino) del hormigón que evita que se produzca la reacción a la oxidación. La corrosión en este caso es debido a diferentes causas que pueden haber actuado conjuntamente y que pueden ser las siguientes:

→ Carbonatación: consiste en una relación química que se produce entre el anhídrido carbónico del aire y el hidróxido cálcico contenido en el hormigón, que produciéndose carbonato cálcico, se reduce la alcalinidad del hormigón y por tanto, su capacidad de proteger el acero contra la oxidación. Así pues, se trata de un fenómeno que comienza actuando en la superficie del hormigón y que avanza hacia el interior con una velocidad que depende fundamentalmente, entre otros parámetros, de la facilidad que tenga el aire atmosférico de penetrar los poros del hormigón. Una vez que la profundidad de carbonatación alcance la armadura podrá iniciarse el proceso de oxidación dependiendo de los determinados factores ambientales (humedad, temperatura, etc).

→ Corrosión por cloruros: se trata de una corrosión electroquímica consecuencia de una corriente eléctrica por par galvánico, debido a presencia de electrolitos, generalmente iones cloruros. Estos iones cloruros pueden provenir del aire exterior, el agua de curado o de algún tipo de componente empleado en la fabricación del hormigón.

Para evitar la aparición del fenómeno de la corrosión en las estructuras de hormigón armado, se han establecido criterios que garanticen una mínima condición de durabilidad en función del grado de agresividad ambiental.

Estos criterios son:

→ Recubrimientos mínimos en las armaduras de hormigón armado.

→ Calidad mínima del hormigón empleado en el tipo de cemento.

Métodos de construcción los cuales tratan de reducir la porosidad y por lo tanto, limitar la penetración de los agentes agresivos (aire, cloruros, etc).

Los recubrimientos de hormigón son inferiores a los mínimos requeridos y en algunos casos inexistentes. Esto explica que en algunos elementos se hayan detectado algunos síntomas de corrosión por su avanzada edad de construcción. Además de la repercusión directa que ésta patología tiene en la durabilidad de la edificación (ya que supone un envejecimiento prematuro de la estructura), las condiciones de seguridad de la estructura también se ven afectadas indirectamente.

Lo cual se puede decir que la estructura ya se encuentra terminando su vida útil, se establece generalmente recubrimientos mínimos en las armaduras de acero para elementos estructurales que serán protegidos por agresiones ambientales durante 50 o 60 años.

Para determinar cuál era el avance del frente carbonatación en los elementos estructurales tipo columnas, se realizó el ensayo destructivo de carbonatación por vía húmeda (fenolftaleína) la cual mostró un avance del frente de carbonatación entre 30 y 50 mm. (Ver anexos).

10.4.2 Desgaste superficial por cavitación

Este fenómeno de cavitación ataca la superficie del hormigón en forma de picaduras que posteriormente se unen en zonas erosionadas amplias. Se trata de un arrancamiento progresivo del hormigón.

El desgaste superficial es producido por acciones mecánicas debidas a la acción del oleaje en el agua, si el agua lleva partículas en suspensión. La resistencia a la abrasión es proporcionada por el árido grueso, pues el mortero tiene una resistencia al desgaste inferior.

Se encontraron que más del 80 % de los elementos estructurales que conforman el sótano No 1 y sótano No 2 en casa de máquinas, tienen un avanzado proceso de desgaste superficial por abrasión debido a el contacto continuo con el agua, dejando expuesto el agregado grueso en el concreto reforzado.

11. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

A continuación se dan dos (2) propuestas de intervención las cuales a través de las inspecciones técnicas explicadas en los capítulos anteriores y con base en los conocimientos personales en esta área; se proponen las dos alternativas eficientemente óptimas para la respectiva intervención del paciente.

Cabe aclarar que los elementos a intervenir son:

→ Columnas del sótano No 1 y sótano No 2 las cuales presentan cavitación por pérdida de sección.

→ Losa de entrepiso sótano No 2.

11.1 REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL (opción 1)

Información obtenida (ACI RAP -6).

Ilustración 10. Reparación con mortero estructural - Figura 1

Reparación del hormigón con morteros aplicados manualmente con llana. (Se anexa documento de especificación de la reparación)

Es uno de los métodos más comunes para la aplicación y reparación del hormigón. Este método se puede utilizar para la reparación del hormigón deteriorado, astillado o para recuperar parte de la sección por perdida a la abrasión o por algún ataque

químico en el elemento estructural.

La aplicación de materiales de reparación no requiere equipos significativos y es ideal para reparaciones poco profundas especialmente en zonas de difícil acceso.

La técnica de morteros de reparación requiere la atención de los detalles durante la aplicación para lograr un consolidado adecuado para que se adhiera bien a la superficie del hormigón. La instalación exitosa es una función de la buena preparación de la superficie, técnicas de aplicación, procedimientos de curado y propiedades de material de reparación seleccionado como se muestra a continuación:

Se debe retirar el concreto hasta donde se evidencie el borde flojo o deslaminado

Ilustración 11. Reparación con mortero - Figura 2

.

Fuente: Documento (ACI RAP – 6).

Se debe remover el concreto el cual presenta alguna contaminación por carbonatación, el cual posee un frente de carbonatación entre 40 y 50 mm de espesor (ver ensayo de

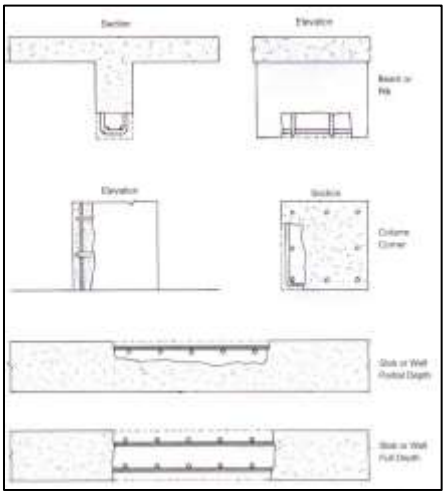
carbonatación). Se sugiere que para tener una superficie sana para realizar la reparación se realice en los últimos 15mm con chorro de arena o SandBlasting, para dejar la superficie lo más sana posible y sin micro fisuras al momento de retirar las zonas contaminadas. A continuación se presentan los pasos adecuados para su respectiva reparación.

Ilustración 12. Reparación con mortero - Figura 3

Fuente: Documento (ACI RAP – 6).

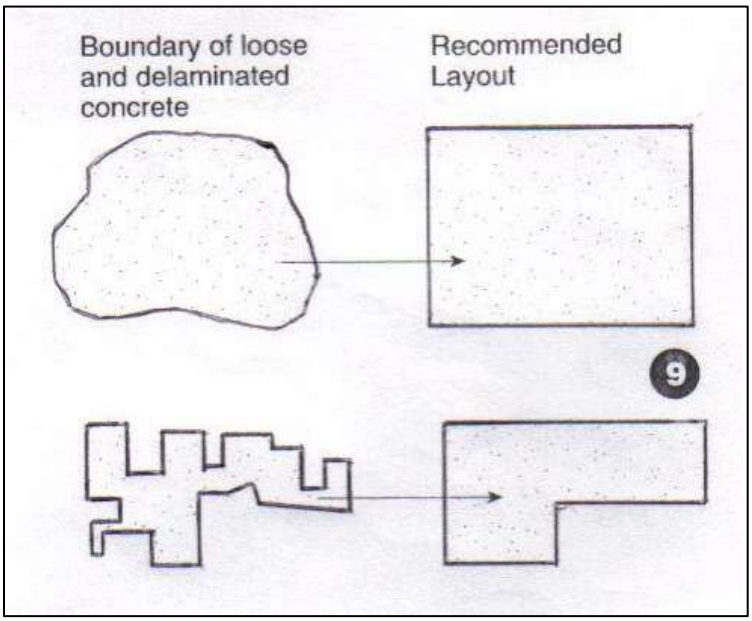
1. Estas zonas a las cuales se debe realizar la reparación deben tener una forma ortogonal y regular para garantizar la adherencia con el material de reparación.

Ilustración 13. Formas en las cuales se debe realiza la reparación



Fuente: Documento (ACI RAP – 6)

Ilustración 14. Formas en las cuales se debe realiza la reparación



Fuente: Documento (ACI RAP – 6).

2. Seleccionar el material adecuado.

Los materiales de reparación a mano aplicados con llana son generalmente productos pre-envasados con propiedades cementosas, estos materiales a base de cemento son diseñados para aplicación manual los cuales también pueden incluir polímeros, humo de sílice, compensador de la retracción y otros aditivos con propiedades físicas mejoradas de fácil aplicación y manipulación.

Se puede consultar en la guía para la selección de materiales para la reparación del concreto:

→ ACI 546.3R-06.

→ ICRI N° 320.2R-2009.

Se sugiere realizar la reparación con SIKA – MONOTOP SEAL – 107 (se anexa ficha técnica) el cual por sus características y propiedades se puede realizar la reparación en el ambiente al cual es sometida la zona en estudio.

3. Método de Reparación.

→ Mezclar el material siguiendo las recomendaciones del fabricante, frote una capa delgada en los bordes y muro con el mortero de reparación en el sustrato, llenando así los poros para asegurar el contacto y ayudar a prevenir el desprendimiento o caída del material sobre las superficies verticales y elevadas.

→ Aplicar el material con una presión adecuada antes de que se seque la delgada capa de adherencia (como se muestra en la siguiente figura).

→ Consolidar en el fondo del material de reparación en las esquinas de la zona donde se va a realizar la intervención, en la cual no debe quedar ningún refuerzo expuesto y el refuerzo completamente encapsulado, esto es importante para la durabilidad a largo plazo.

Ilustración 15. Reparación con mortero - Figura 4

Fuente: Documento (ACI RAP – 6).

4. Verificación de la reparación

→ La aprobación de preparación de la superficie.

→ Pruebas de materiales realizados por una agencia de pruebas calificados.

→ Ver Guía técnica del ICRI N°. 210.3-2.004

11.2 REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO (opción 2)

Este sistema, es un sistema de refuerzo a base de fibras de carbono, vidrio y aramida combinadas con resinas de alta calidad y de alta resistencia para reforzar estructuras formando un laminado extremo al elemento el cual se puede utilizar en estructuras de concreto , acero y madera.

Ventajas de esta forma de reparación

→ Es resistente a ataques químicos (no corrosivo).

→ Fácil de aplicar, instalación en áreas de limitado acceso.

→ Versátil, se adapta a la geometría deseada.

→ Espesor mínimo - 1mm instalado.

Trabajos a realizar con refuerzo en fibras de carbono

→ Reparaciones y refuerzos en columnas, vigas, y losas de hormigón.

→ Rehabilitación sísmica de la estructura.

Principales ventajas

→ Incremento de capacidad de carga en elementos estructurales.

→ Reforzamiento sísmico.

→ Reparación de daño por impacto.

→ Extensión de la vida de servicio.

→ Reparación de daños por corrosión.

→ Reforzamiento de vigas y losas para flexión o cortante.

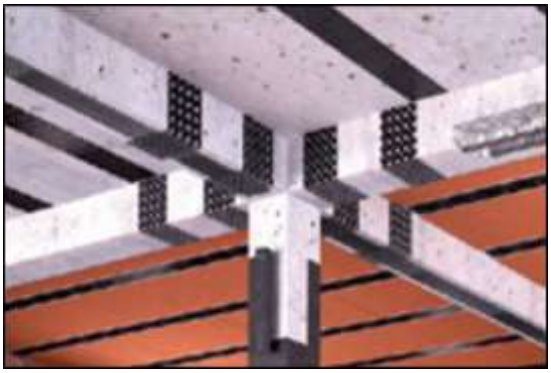
Es importante destacar que el sistema de refuerzo de fibras de carbono no prescinde de los tratamientos de otras patologías del hormigón, como grietas, armaduras expuestas, y etc. Las mismas deberán ser tratadas antes de la aplicación del refuerzo.

11.2.1 Método de reparación

Principal afectación, perdida de sección en los elementos estructurales y afectación del acero por procesos de corrosión.

Las láminas o platinas (unidireccional y bidireccional) en RFP permiten mejorar cualquier tipo de refuerzo en vigas y viguetas, debido a su flexibilidad y adaptabilidad a las formas de la superficie, reforzando el elementos horizontal a flexión y a cortante o columnas mediante confinamiento.

Ilustración 16. Método de reparación

Método de reparación	Zona a reparar
	
Se debe realizar la reparacion con laminas o platinas bidireccionales para los elementos estructurales verticales en las zonas de confinamiento de un espesor de 0.1 a 0.3 mm, recubierto con mortero estructural para prevenir problemas de perdida de seccion por abracion y procesos de corrosion.	

Método de reparación	Zona a reparar
Se debe realizar la reparacion con laminas unidireccionalespara aumentar su resistencia a cargas axiales con un espesor de 0.1 a 0.3 mm recubierto con mortero estructural ppara prevenir problemas de perdida de seccion por abracion.	

Método de reparación	Zona a reparar
Se debe realizar la reparacion con laminas unidireccionalespara aumentar su resistencia a cargas axiales con un espesor de 0.1 a 0.3 mm recubierto con mortero estructural ppara prevenir problemas de perdida de seccion por abracion.	

12. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO – OPCIÓN N° 1					
REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANT.**	**VR. UNITARIO**	**VR. TOTAL**
1	**REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL**				
1.1	MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LA SUPERFICIE INCLUYE DEMOLICION Y PREPARACION DE LA SUPERFICIE CON CHORRO DE ARENA	M2	55	$80.000,00	$4.400.000,00
1.2	APLICACIÓN DEL MATERIAL DE REPARACION	M2	55	$120.000,00	$6.600.000,00
1.3	VERIFICACION E INSPECCION DE REPARACION	M2	55	$50.000,00	$2.750.000,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			**$13.750.000,00**
		ADMINISTRACION		**15%**	**$2.062.500,00**
		IMPREVISTOS		**4%**	**$550.000,00**
		UTILIDAD		**6%**	**$825.000,00**
TOTAL					**$17.187.500,00**

PRESUPUESTO – OPCIÓN N° 2					
REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO					
ITEM	**DESCRIPCIÓN**	**UNIDAD**	**CANT.**	**VR. UNITARIO**	**VR. TOTAL**
1	**REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO**				
1.1	MANTENIMIENTO Y PREPARACION DE LA SUPERFICIE	M2	55	$80.000,00	$4.400.000,00
1.2	INSTALACION DE TEJIDOS EN FIBRA DE CARBONO	M2	55	$300.000,00	$16.500.000,00
		TOTAL COSTO DIRECTO			**$20.900.000,00**
		ADMINISTRACION		**15%**	**$3.135.000,00**
		IMPREVISTOS		**4%**	**$836.000,00**
		UTILIDAD		**6%**	**$1.254.000,00**
TOTAL					**$26.125.000,00**

13. PROGRAMACIÓN

PROYECTO: "ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN A LA PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA".

PROGRAMACION DE ACTIVIDADES

ITEM	ACTIVIDADES	UND	PROGRAMACION SEMANAL											
			SEMANA 1						SEMANA 2					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL - OPCION Nº1														
1	**REPARACIÓN CON MORTERO ESTRUCTURAL**													
1.1	MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LA SUPERFICIE INCLUYE DEMOLICION Y PREPARACION DE LA SUPERFICIE CON CHORRO DE ARENA	M2												
1.2	APLICACIÓN DEL MATERIAL DE REPARACION	M2												
1.3	VERIFICACION E INSPECCION DE REPARACION	M2												

PROYECTO: "ESTUDIO PATOLÓGICO Y PROPUESTA DE INTERVENCIÓN A LA PCH RIO RECIO LA SIERRA LÉRIDA TOLIMA".

PROGRAMACION DE ACTIVIDADES

ITEM	ACTIVIDADES	UND	PROGRAMACION SEMANAL											
			SEMANA 1						SEMANA 2					
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO - OPCION Nº 2														
1	**REPARACIÓN CON FIBRAS DE CARBONO**													
1.1	MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LA SUPERFICIE	M2												
1.2	INSTALACION DE TEJIDOS EN FIBRA DE CARBONO	M2												

14. CONCLUSIONES

- ✓ Se ejecutó el estudio patológico en la PCH obteniendo los resultados necesarios en la fase de historia clínica y diagnóstico para desarrollar las dos propuestas de intervención.

- ✓ Se realizó una inspección preliminar al paciente en estudio, acompañada de un registro fotográfico donde se evaluó su severidad con base en los ensayos destructivos y no destructivos.

- ✓ Se generó un registro detallado en las fichas de clasificación identificando los tipos de lesiones más relevantes en el paciente con el fin de poder ser evaluadas de forma sencilla y hacer su respectivo análisis técnico, las cuales se encuentran en los apéndices de este documento.

- ✓ A partir de las exploraciones, se realizaron ensayos destructivos y no destructivos, tales como esclerometrìa, FerroScan y frente de carbonatación, generando resultados para su respectiva interpretación lo cual se incluyó en el diagnóstico de este documento y posteriormente en las alternativas de intervención.

15. WEBGRAFÍA

http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/5189/2309

https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/3titulo-c-nsr-100.pdf

https://www.edificacion.upm.es/personales/santacruz-old/Docencia/cursos/ManualPatologiaEdificacion_Tomo-1.pdf

http://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n

http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/diagnostico-%20lerida%20(452%20pag%20-%205846%20kb).pdf

16. BIBLIOGRAFÍA

(ORTIZ FLÓREZ, Ramiro. Pequeñas centrales hidroeléctricas, Bogotá: McGraw- Hill, 2001.)

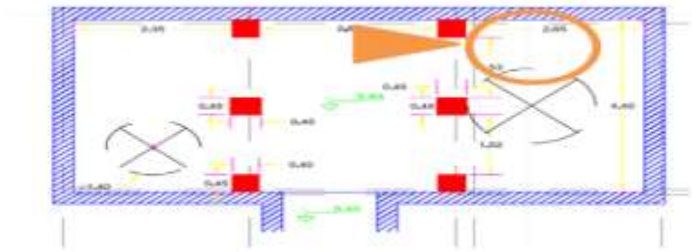
(ZOPPETTI JÚDEZ, Gaudencio. Centrales hidroeléctricas segunda ed. Barcelona: Gustavo Gili, 1969. p. 206.)

17. APÉNDICES

PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

ESTRCUTURA	PCH RIO SECO LERIDA TOLIMA	AREADE ESTUDIO	SOTANO No 1
ESPACIO	SOTANO No 1		
ORIENTACION	PLACA ENTREPISO	ELEMENTO	PLACA ENTREPISO
CONDICIONESESTABILIDAD	MODERADO	NIVEL	SOTANOS No 1
MATERIALES	CONCRETO	FECHA	JUNIO DE 2017
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PORTICOS EN CONCRETO REFORZADO	FICHANo	1

ÁREA ESPECIFICA



IMAGEN

ESQUEMA

TIPO LESION — PERDIDA DE SECCION POR ABRACION

VALORACION VISUAL

CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	AFECTACION DE DAÑO: SEGURIDAD	AFECTACION DE DAÑO: FUNCIONABILIDAD	AFECTACION DE DAÑO: ASPECTO	NIVEL DE RECUPERACION: IMPRESINDIBLE	NIVEL DE RECUPERACION: NECESARIO	NIVEL DE RECUPERACION: CONVENIENTE	GRADO DE LESION: SEVERO	GRADO DE LESION: MODERADO	GRADO DE LESION: LEVE
ASPECTO EXTERNO										
ALTERECIONES SUPERFICIALES	DESPRENDIMIENTOS / PERDIDA DE SECCION	X		X					X	
PERDIDA DE MATERIAL	PRESENTA PERDIDA DEL MATERIAL DEJANDO EL ACERO EXPUESTO	X		X						
ESTADO DEL MATERIAL	MAL ESTADO	X		X					X	
DESGASTE-ABRASION	N/A									
AGRESIVIDAD DEL MEDIO										
TIPO DE AMBIENTE	Humedo									
GRADO DE HUMEDAD	MEDIO									
TEMPERATURA	Aproximada durante el dia 20 grados centigrados									
CONSTANTES FISICO-QUIMICAS										
OXIDACION	N/A									
PAR GALVANICO	N/A									
CARBONATACION	N/A									
EFLORESENCIAS	N/A									
DESPRENDIMIENTOS	EXISTE	X		X			X		X	
ORGANICAS VEGETALES	N/A									
ORGANICAS ANIMALES	N/A									
ALTERACIONES BIOLOGICASQUIMICAS										
MADERAS										
PIEDRA										
CONCRETO	N/A	X			X			X		
ALTERACIONES POR REPARACIONES										
ENTREPISOS	N/A									
ESTRUCTURA	N/A									
COLUMNA	N/A									
ALTERACIONES POR CAMBIO DE USO										
ESTRUCTURAL	N/A									
MATERILA	N/A									

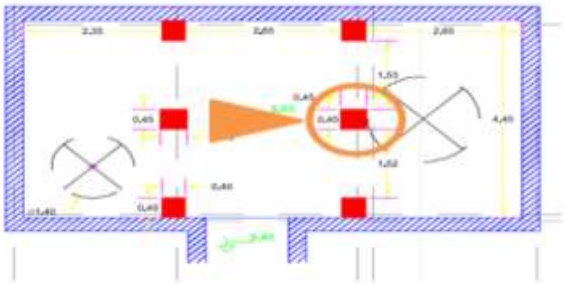
FORMATO 2 - Informacion areas de Estudio

OBSERVACION: **PROCESO DE DESGASTE, PERDIDA DE RECUBRIMIENTO POR USO**

PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

ESTRCUTURA	PCH RIO SECO LERIDA TOLIMA	AREADE ESTUDIO	COLUMNAS / SOTANO No 1
ESPACIO	SOTANO No 1		
ORIENTACION	COLUMNAS	ELEMENTO	COLUMNA SOTANO No 1
CONDICIONESESTABILIDAD	MODERADO	NIVEL	SOTANOS
MATERIALES	CONCRETO	FECHA	jun-17
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PORTICOS EN CONCRETO REFORZADO		

ÁREA ESPECIFICA



IMAGEN

ESQUEMA

TIPO LESION DISEGREGACION

CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	AFECTACION DE DAÑO: SEGURIDAD	AFECTACION DE DAÑO: FUNCIONABILIDAD	AFECTACION DE DAÑO: ASPECTO	NIVEL DE RECUPERACION: IMPRESINDIBLE	NIVEL DE RECUPERACION: NECESARIO	NIVEL DE RECUPERACION: CONVENIENTE	GRADO DE LESION: SEVERO	GRADO DE LESION: MODERADO	GRADO DE LESION: LEVE
ASPECTO EXTERNO										
ALTERECIONES SUPERFICIALES	EXISTE			x			X		X	
PERDIDA DE MATERIAL	N/A									
ESTADO DEL MATERIAL	N/A									
DESGASTE-ABRASION	N/A									
AGRESIVIDAD DEL MEDIO										
TIPO DE AMBIENTE	Humedo									
GRADO DE HUMEDAD	MEDIO									
TEMPERATURA	Aproximada durante el dia 20 grados centigrados									
CONSTANTES FISICO-QUIMICAS										
OXIDACION	N/A									
PAR GALVANICO	N/A									
CARBONATACION	N/A									
EFLORESENCIAS	N/A									
DESPRENDIMIENTOS	N/A									
ORGANICAS VEGETALES	N/A									
ORGANICAS ANIMALES	N/A									
ALTERACIONES BIOLOGICASQUIMICAS										
MAMPOSTERIA										
MADERAS										
PIEDRA										
CONCRETO	PERDIDA DE SECCION POR DISEGREGACION									
ALTERACIONES POR REPARACIONES										
ENTREPISOS	N/A									
ESTRUCTURA	N/A									
COLUMNA	N/A									
ALTERACIONES POR CAMBIO DE USO										
ESTRUCTURAL	N/A									
MATERILA	N/A									

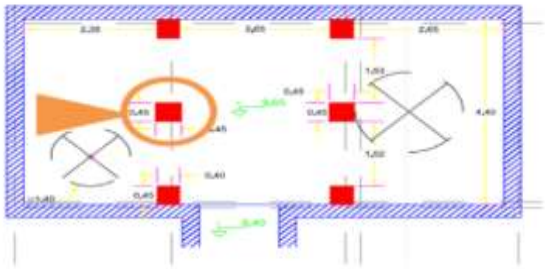
FORMATO 2 - Informacion areas de Estudio

OBSERVACION: **SE PRESENTAN PERDIDA DE SECCION POR DISEGREGACION**

PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

ESTRCUTURA	PCH RIO SECO LERIDA TOLIMA	AREADE ESTUDIO	COLUMNAS / SOTANO No 1
ESPACIO	SOTANO No 1		
ORIENTACION	COLUMNAS	ELEMENTO	COLUMNA SOTANO No 1
CONDICIONESESTABILIDAD	MODERADO	NIVEL	SOTANOS
MATERIALES	CONCRETO	FECHA	jun-17
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PORTICOS EN CONCRETO REFORZADO		

ÁREA ESPECIFICA



IMAGEN

ESQUEMA

TIPO LESION: DISEGREGACION

CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	AFECTACION DE DAÑO: SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	NIVEL DE RECUPERACION: IMPRESINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	GRADO DE LESION: SEVERO	MODERADO	LEVE
ASPECTO EXTERNO										
ALTERECIONES SUPERFICIALES	EXISTE			x			X		X	
PERDIDA DE MATERIAL	N/A									
ESTADO DEL MATERIAL	N/A									
DESGASTE-ABRASION	N/A									
AGRESIVIDAD DEL MEDIO										
TIPO DE AMBIENTE	Humedo									
GRADO DE HUMEDAD	MEDIO									
TEMPERATURA	Aproximada durante el dia 20 grados centigrados									
CONSTANTES FISICO-QUIMICAS										
OXIDACION	N/A									
PAR GALVANICO	N/A									
CARBONATACION	N/A									
EFLORESENCIAS	N/A									
DESPRENDIMIENTOS	N/A									
ORGANICAS VEGETALES	N/A									
ORGANICAS ANIMALES	N/A									
ALTERACIONES BIOLOGICASQUIMICAS										
MAMPOSTERIA										
MADERAS										
PIEDRA										
CONCRETO	PERDIDA DE SECCION POR DISEGREGACION									
ALTERACIONES POR REPARACIONES										
ENTREPISOS	N/A									
ESTRUCTURA	N/A									
COLUMNA	N/A									
ALTERACIONES POR CAMBIO DE USO										
ESTRUCTURAL	N/A									
MATERILA	N/A									

FORMATO 2 - Informacion areas de Estudio

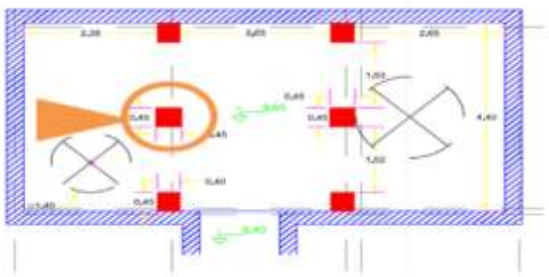
OBSERVACION: **SE PRESENTAN PERDIDA DE SECCION POR DISEGREGACION**

ING. CARLOS GUSTAVO LARA OSPINA
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE IBAGUÉ
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

ESTRCUTURA	PCH RIO SECO LERIDA TOLIMA	AREADE ESTUDIO	COLUMNAS / SOTANO No 1
ESPACIO	SOTANO No 1		
ORIENTACION	COLUMNAS	ELEMENTO	COLUMNA SOTANO No 1
CONDICIONESESTABILIDAD	MODERADO	NIVEL	SOTANOS
MATERIALES	CONCRETO	FECHA	jun-17
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PORTICOS EN CONCRETO REFORZADO		

ÁREA ESPECIFICA



IMAGEN

ESQUEMA

TIPO LESION DESGASTE SUPERFICIAL POR ABRACION

VALORACION VISUAL

CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	AFECTACION DE DAÑO: SEGURIDAD	AFECTACION DE DAÑO: FUNCIONABILIDAD	AFECTACION DE DAÑO: ASPECTO	NIVEL DE RECUPERACION: IMPRESINDIBLE	NIVEL DE RECUPERACION: NECESARIO	NIVEL DE RECUPERACION: CONVENIENTE	GRADO DE LESION: SEVERO	GRADO DE LESION: MODERADO	GRADO DE LESION: LEVE
ASPECTO EXTERNO										
ALTERECIONES SUPERFICIALES	EXISTE			x			X		X	
PERDIDA DE MATERIAL	N/A									
ESTADO DEL MATERIAL	N/A									
DESGASTE-ABRASION	N/A									
AGRESIVIDAD DEL MEDIO										
TIPO DE AMBIENTE	Humedo									
GRADO DE HUMEDAD	MEDIO									
TEMPERATURA	Aproximada durante el dia 20 grados centigrados									
CONSTANTES FISICO-QUIMICAS										
OXIDACION	N/A									
PAR GALVANICO	N/A									
CARBONATACION	N/A									
EFLORESENCIAS	N/A									
DESPRENDIMIENTOS	N/A									
ORGANICAS VEGETALES	N/A									
ORGANICAS ANIMALES	N/A									
ALTERACIONES BIOLOGICASQUIMICAS										
MAMPOSTERIA										
MADERAS										
PIEDRA										
CONCRETO	PERDIDA DE SECCION POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICIAL									
ALTERACIONES POR REPARACIONES										
ENTREPISOS	N/A									
ESTRUCTURA	N/A									
COLUMNA	N/A									
ALTERACIONES POR CAMBIO DE USO										
ESTRUCTURAL	N/A									
MATERILA	N/A									

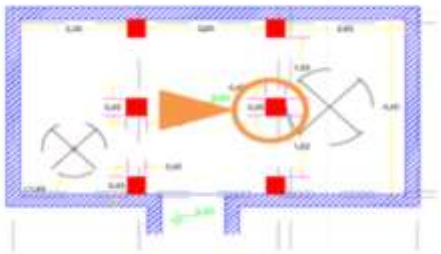
FORMATO 2 - Informacion areas de Estudio

OBSERVACION: **PERDIDA DE SECCION COLUMNA POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICLA**

PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
CLASIFICACION Y TIPIFICACION DE LAS LESIONES EN LA PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCION

ESTRCUTURA	PCH RIO SECO LERIDA TOLIMA	AREADE ESTUDIO	COLUMNAS / SOTANO No 1
ESPACIO	SOTANO No 1		
ORIENTACION	COLUMNAS	ELEMENTO	COLUMNA SOTANO No 1
CONDICIONESESTABILIDAD	MODERADO	NIVEL	SOTANOS
MATERIALES	CONCRETO	FECHA	jun-17
SISTEMA CONSTRUCTIVO	PORTICOS EN CONCRETO REFORZADO		

ÁREA ESPECIFICA



IMAGEN

ESQUEMA

TIPO LESION: DESGASTE SUPERFICIAL POR ABRACION

CARACTERISTICAS GENERALES	OBSERVACIONES	VALORACION VISUAL: AFECTACION DE DAÑO – SEGURIDAD	FUNCIONABILIDAD	ASPECTO	NIVEL DE RECUPERACION – IMPRESINDIBLE	NECESARIO	CONVENIENTE	GRADO DE LESION – SEVERO	MODERADO	LEVE
ASPECTO EXTERNO										
ALTERECIONES SUPERFICIALES	EXISTE			x			X		X	
PERDIDA DE MATERIAL	N/A									
ESTADO DEL MATERIAL	N/A									
DESGASTE-ABRASION	N/A									
AGRESIVIDAD DEL MEDIO										
TIPO DE AMBIENTE	Humedo									
GRADO DE HUMEDAD	MEDIO									
TEMPERATURA	Aproximada durante el dia 20 grados centigrados									
CONSTANTES FISICO-QUIMICAS										
OXIDACION	N/A									
PAR GALVANICO	N/A									
CARBONATACION	N/A									
EFLORESENCIAS	N/A									
DESPRENDIMIENTOS	N/A									
ORGANICAS VEGETALES	N/A									
ORGANICAS ANIMALES	N/A									
ALTERACIONES BIOLOGICASQUIMICAS										
MAMPOSTERIA										
MADERAS										
PIEDRA										
CONCRETO	PERDIDA DE SECCION POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICIAL									
ALTERACIONES POR REPARACIONES										
ENTREPISOS	N/A									
ESTRUCTURA	N/A									
COLUMNA	N/A									
ALTERACIONES POR CAMBIO DE USO										
ESTRUCTURAL	N/A									
MATERILA	N/A									

FORMATO 2 - Informacion areas de Estudio

OBSERVACION: **PERDIDA DE SECCION COLUMNA POR ABRACION Y DESGASTE SUPERFICLA**

ING. CARLOS GUSTAVO LARA OSPINA
UNIVERSIDAD SANTO TOMAS SEDE IBAGUÉ
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

18. ANEXOS

A. ENSAYO NO DESTRUCTIVO (ESCLERÓMETRO)

Tipo de ensayo. Índice de rebote (Esclerómetro Schmidt)- Referencia (esclerómetro digital HT225V).

Objetivo

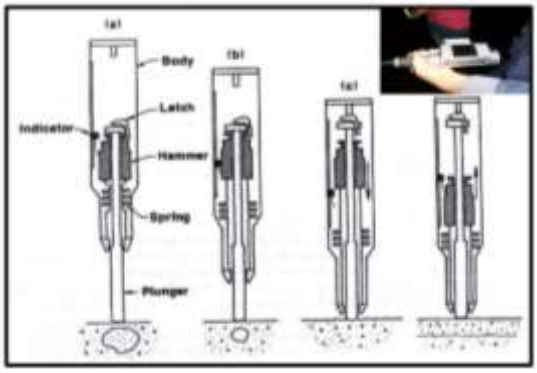
Estimar la resistencia a la compresión del hormigón de una parte determinada de la obra o construcción a cierta edad o tras un curado en condiciones análogas.

Se determina mediante el esclerómetro SCHIMDT el cual consta de una masa de acero impulsada por un muelle el cual, cuando es liberado, golpea un vástago de acero en contacto con la superficie de hormigón. La distancia de rabote del martillo es medida en una escala lineal acoplada al instrumento.

Imagen 1. Tabla (IR) esclerómetro Schmidt, HT225V

Fuente: autor (esclerómetro digital HT225V)

Imagen 2. Funcionamiento Esclerómetro Schmidt, paso para aplicación.



Fuente: manual de funcionamiento, (pasos para la correcta obtención del índice de rebote Esclerómetro digital HT225V).

Descripción General Del Equipo.

Instrumento portátil para ensayos no destructivos utilizado probar la resistencia a la compresión de las estructuras de hormigón en campo.

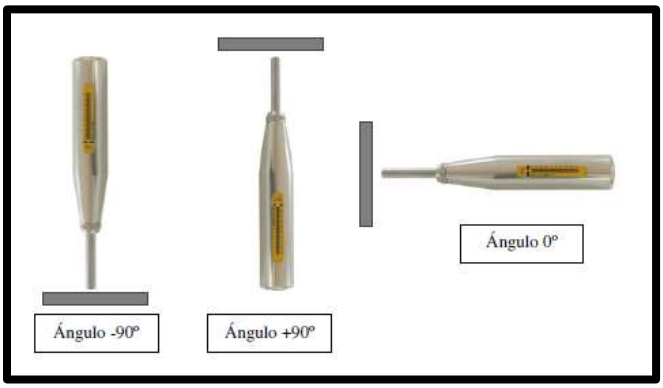
Imagen 3. Especificaciones del equipo.

Fuente: manual de funcionamiento, (Especificaciones del equipo, Esclerómetro digital HT225V).

Factores Que Influyen En La Confiabilidad Del Ensayo

- Posición del martillo.

Imagen 4. Posición del martillo.



Fuente: manual de funcionamiento, (Especificaciones del equipo, Esclerómetro digital HT225V).

- Estado de la superficie (carbonatado aumento de la resistencia).
- Humedad del hormigón (baja resistencia).
- Concentración de árido grueso en la superficie (aumenta la resistencia).

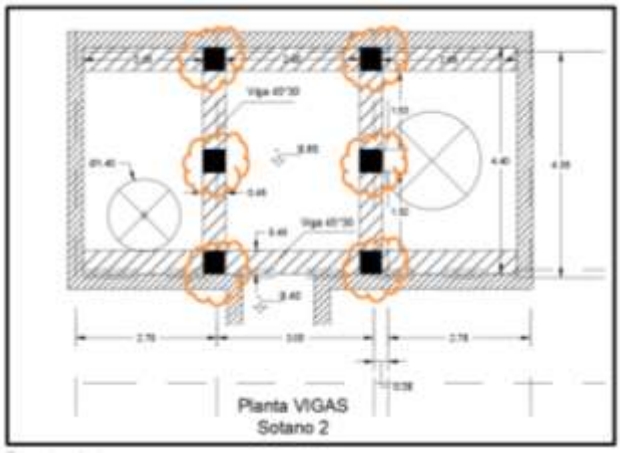
Procedimiento

Se realiza el ensayo seleccionando los elementos estructurales en los cuales se van a toman las muestras.

Elementos estructurales verticales.

Se procede a evaluar las zonas donde se va a realizar los ensayos, en el cual se toman como referencia 6 elementos verticales en el sótano 2, los cuales son los que soportan las principales cargas axiales en la estructura.

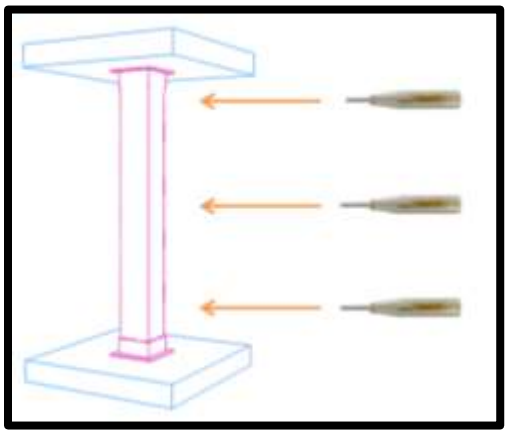
Imagen 5. Elementos Verticales Ensayo Sótano 2



Fuente: Autor.

Se realizaron tres muestras en puntos específicos para evaluar los sectores que pudieron ser afectados por disgregación o diferencia de vibrado afectando la resistencia a la compresión, realizando el ensayo de esclerometrìa en cada tercio en cada uno de los elementos estructurales evaluados.

Imagen 6. Puntos de evaluación elementos estructurales ensayo no destructivo esclerometrìa.

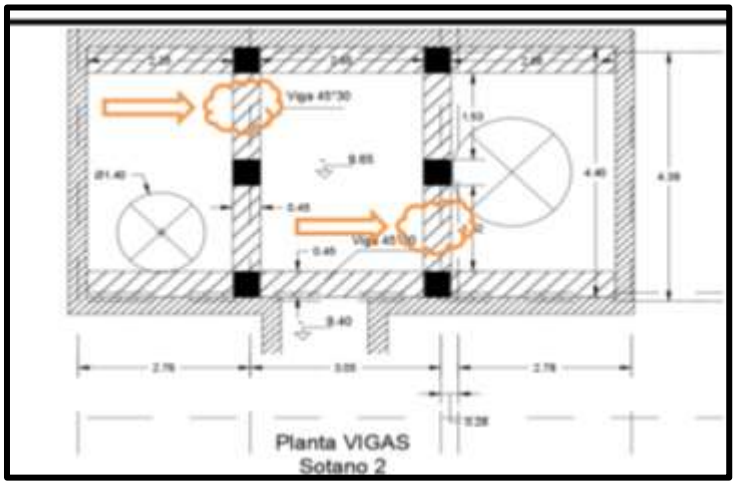


Fuente: Autor.

Elementos Estructurales Horizontales.

Se tomaron dos elementos horizontales (vigas) aleatorios a los cuales se les realizó el ensayo de esclerometrìa por encontrarse en una zona accesible desde el sótano N°1. Sin tener que afectar la estructura.

Imagen 7. Elementos horizontales, ubicación del ensayo vigas entrepiso sótano No 1 y No 2.



Fuente: Autor.

En cada elemento estructural horizontal se realizaron dos tomas de puntos en las cuales se evalúa el elemento realizando la toma de esclerometrìa, en una posición de 90° y 0° respectivamente, para descartar alguna diferencia a la resistencia a la compresión (f'c) en el concreto por disgregación o mal vibrado.

Zona Del Ensayo

Se procede a realizar el ensayo limpiado la superficie con una piedra abrasiva. Y marcando una cuadricula de líneas separadas entre 25 y 50 mm de 16 cuadros para tomarlos como puntos de impacto.

Fotografía 1.Elementos verticales sótano No 2.

Tomada por: autor

Se realiza la toma de muestras según la norma ASTM C805 descartando todas las lecturas que difieran en más de 6 unidades en el índice de rebote de cada punto de impacto.

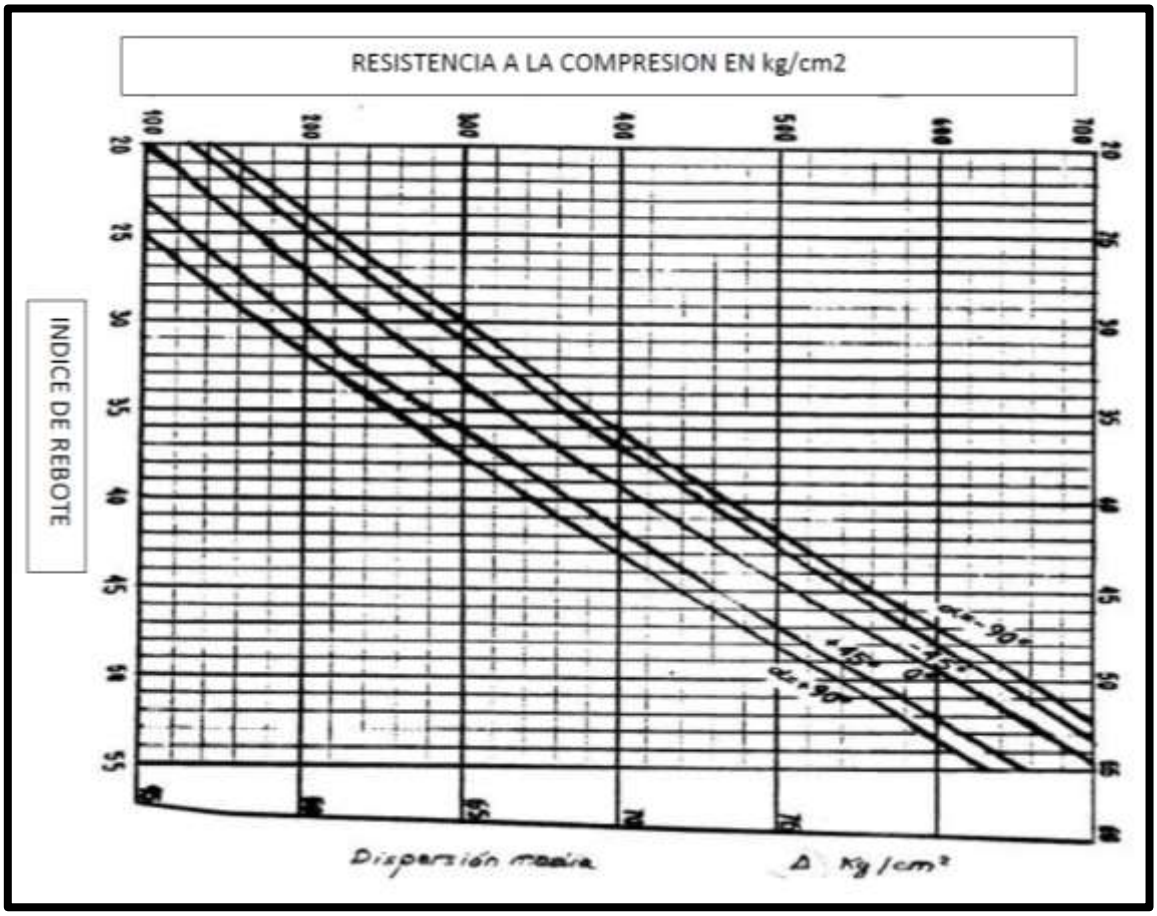
Resultados

Se calcula el índice de rebote. Dicho índice es la mediana de todas las lecturas y expresada con un número entero. Los 16 datos obtenidos se ordenan de mayor a menor y se calcula el valor de la mediana.

Si más del 20 % de todas las lecturas que difieren de la mediana en más de 6 unidades se descartan la totalidad de las lecturas y se rechaza la zona. En caso contrario el valor obtenido es el índice de rebote.

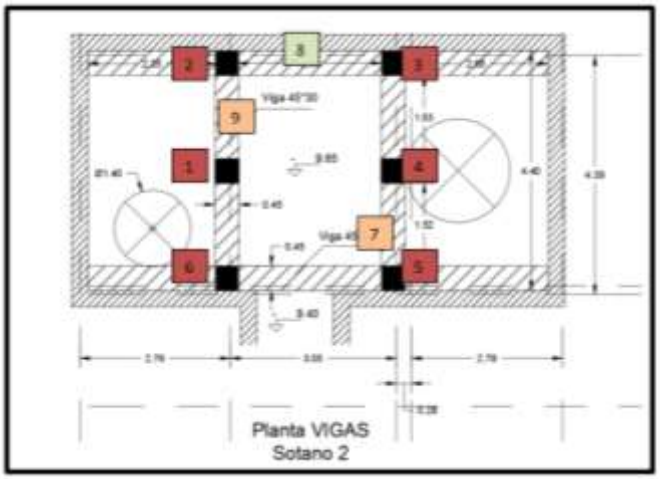
Con este valor se entra al grafico No1 y se obtiene el valor aproximado de la resistencia a la compresión.

Grafico No 1. Obtención de la resistencia a la compresión Kg/cm2



Fuente: Manual esclerómetro digital HT225V.

Imagen 8. Ubicación de los ensayos realizados



Fuente: Autor.

Tabla 2. Resultados Resistencia A La Compresión Elementos Estructurales Evaluados.

No Ensayo	Resistencia a la Compresión	Tipo de Elemento Estructural
No 1	f'c = 22.3 mpa	Columna
No 2	f'c = 17.2 mpa	Columna
No 3	f'c = 22.1 mpa	Columna
No 4	f'c = 21.0 mpa	Columna
No 5	f'c = 19.8 mpa	Columna
No 6	f'c = 21.7 mpa	Columna
No 7	f'c = 23.1 mpa	Viga
No 8	f'c = 14.8 mpa	Muro pantalla
No 9	f'c = 23.1 mpa	Viga
RESISTENCIA MEDIA		
	f'c = 20.0 mpa	

Fuente: Autor

Registro Fotográfico Puntos De Ensayo

Descripción:

Punto No 1.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 22.3 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 2.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 17.0 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 3.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 22.15 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 4.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 21.05 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 5.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 14.8 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 6.

Elemento: Columna

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 21.7 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 7.

Elemento: Viga

Ubicación: Sótano No 1.

Resistencia: 23.18 Mpa

Fuente: Autor

Descripción:

Punto No 8.

Elemento: Pantalla

Ubicación: Sótano No 2.

Resistencia: 14.08 Mpa

Fuente: Autor

Conclusiones ensayo de esclerometrìa.

Se realizaron nueve ensayos en el Sótano No 2 por debajo de la casa de máquinas, los cuales dieron un resultado promedio en la resistencia a la compresión de 20 a 21 Mpa o 3000 Psi.

En los puntos donde se evaluaron elementos tipo pantalla la resistencia promedio a la compresión esta entre 14 a 17 Mpa.

Se obtuvo como resultado en la bóveda de entrada al sótano No 2 una resistencia entre 35 a 45 Mpa tanto en la parte superior como en los elementos laterales.

Se realizaron dos pruebas en casa de máquinas a nivel N+0.00 en los elementos verticales los cuales tiene una resistencia media a la compresión de 30 Mpa.

Todos los elementos estructurales del sótano No 2, sótano No 1 y bóveda por estar en contacto permanente con el agua con el paso del tiempo se les ha generado naturalmente una lama o capa entre 10 a 20 mm de espesor, la cual debió ser retirada para realizar algún tipo de reforzamiento o reparación debe ser retirada.

B. ENSAYO DESTRUCTIVO (EVALUACIÓN DE LA CARBONATACIÓN)

Tipo de ensayo. Evaluación de la carbonatación en el concreto reforzado

Objetivo

Determinar el avance de la carbonatación en el hormigón por el método de vía húmeda con solución de indicador acido base (fenolftaleína).

Definición

La carbonatación es la reducción de la alcalinidad normal (pH entre 12 – 14) en el hormigón por efecto del CO2 que difunde desde el ambiente que lo rodea. En presencia de humedad, el CO2 reacciona con los álcalis (usualmente hidróxidos de calcio, sodio y potasio), neutralizándolos para formar carbonatos disminuyendo el pH por debajo de 10.

Equipos y materiales utilizados

- Instrumento de medición, escala milimétrica

- Material para limpieza de la superficie: brocha, trapos, etc

- Solución indicadora acido base: fenolftaleína (1g fenolftaleína + 49 g alcohol + 50 g agua).

Martillo neumático “MAQUITA”: utilizado para taladrar con mayor agilidad las zonas de estudio.

Procedimiento

- Selección de los puntos a evaluar.

- Realizar la regata con el martillo neumático la cual debe tener 15 cm de alto y ancho.

- Eliminar el polvo.
- Aplicar indicador (fenolftaleína).
- Revisar el cambio de color. No carbonatado el elemento pH 11, si carbonatado pH 7.
- Medir la profundidad de carbonatación.
- Determinar el tiempo.
- Registrar el ensayo.

Toma de testigos

- Se procederá a taladrar una o varias secciones manual o mecánicamente hasta la profundidad de interés, dejando el lugar libre de material suelto y polvo, lo cual expondrá la superficie del análisis.

Determinación de la profundidad de carbonatación

- Una vez seleccionado los puntos donde se van a realizar las pruebas se limpia la superficie libre de polvo y se aplica por atomización el indicador de ácido base (fenolftaleína 1%) en forma uniforme.

- Antes de transcurridos 15 minutos se efectúa la medición de la longitud (profundidad) de la zona incolora desde la superficie, determinando con precisión los valores máximos / mínimos del frente incoloro desde la superficie.

- Se levanta un registro preciso sobre la ubicación de las secciones evaluadas, tonalidad visualizada, profundidad de carbonatación media.

Criterios de evaluación

Nivel del pH

La fenolftaleína es un indicador en el cual su rango de viraje está entre pH 8.2 y pH 9.8 el cual varía su tonalidad de incoloro a violeta rojizo.

Tabla 3. Descripción del Ensayo Fenolftaleína para encontrar el PH de la muestra

Tabla de pH

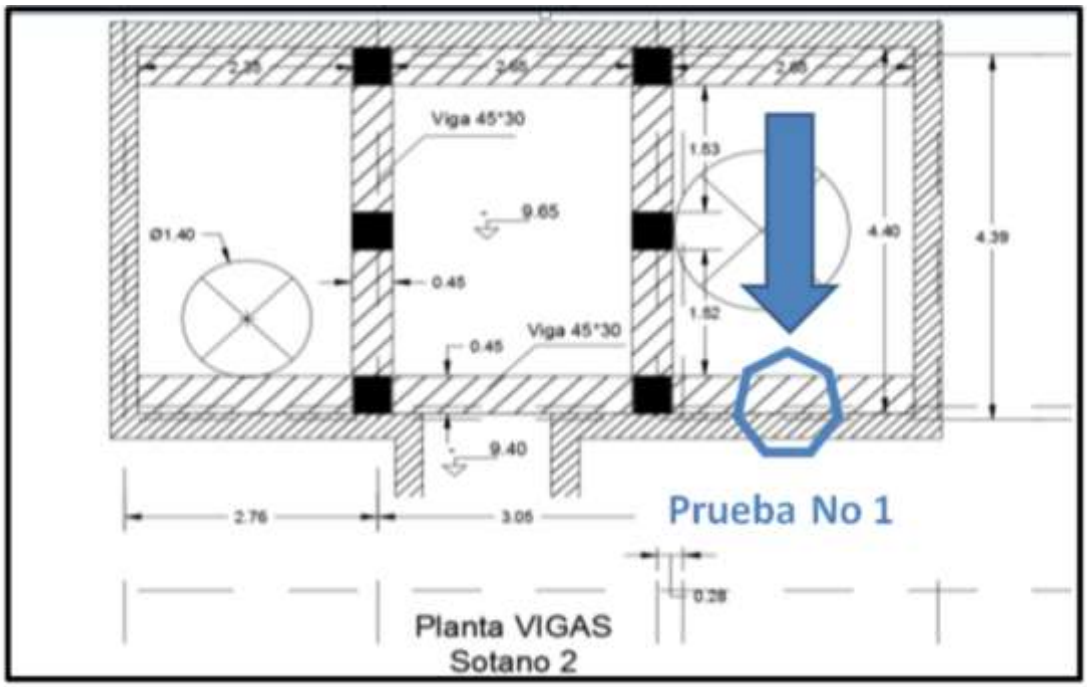
pH	Fenolftaleína	Compuestos
14	incoloro	
13	incoloro	Alcalinidad cáustica o hidróxida (OH^-). Alcalinidad Carbonato (CO_3)
12	incoloro	Nada de bicarbonato (HCO_3^-) Nada de CO_2
11	incoloro	
10	rojizo	
9	violeta rojizo	
8	violeta rojizo	
7	violeta rojizo	
6	violeta rojizo	
5	violeta rojizo	
4	violeta rojizo	Ácidos minerales (H_2SO_4, HCl, HNO_3)
3	violeta rojizo	
2	violeta rojizo	
1	violeta rojizo	

Inspecciones y Resultados

PRUEBA N°1

- Ubicación de los puntos evaluados: Pantalla sótano N°2 casa de máquinas.
- Solución utilizada: Fenolftaleína al 1%.

Imagen 9. Ubicación de aplicación prueba fenolftaleína sótano No 2



Fuente: Autor.

Fotografía 2. Registro fotográfico prueba No 1 fenolftaleína sótano No 2

Se aplica el indicador y se mide la profundidad de carbonatación.

Fuente: Fotografías tomadas por Autor

Tabla 4. Resultados inspección No 1, Prueba de fenolftaleína No 1

INSPECCION TECNICA N°1				
FECHA DE LA INSPECCION	08-jul-16			
TEMP. AMB.	20 °C			
DIMENCIONES DE LA REGATA	20cm x 20cm			
RESULTADOS PROMEDIOS				
No ensayo	**Prof. (mm)**	**Color Observación**	**Ph**	**Observación**
1	Prof. 0-7	Rosado a rojo purpura	9.0-8.2	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
2	Prof. 8-30	Rosado a rojo purpura	>9.8	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
3	Prof. 31-60	Rojo purpura	>9.8	libre de Bicarbonato HCO3, Nada de Dioxido de carbono CO2

VELOCIDAD DE CARBONATACIÓN				
ESPESOR CARBONATADO x(mm)	**TIEMPO DE CARBONATACIÓN t(años)**	**CONSTANTE DE CARBONATACIÓN k(mm/año^0.5)**	**ESPESOR DE RECUBRIMIENTO ARMADURA (mm)**	**TIEMPO DE CARBONATACIÓN EN LA ARMADURA (años)**
30	60	3.873	10	2.58
PREDICCIÓN DE CARBONATACIÓN EN EL TIEMPO			20	5.16
			30	7.75
			40	10.33
			50	12.91
			60	15.49
			70	18.07

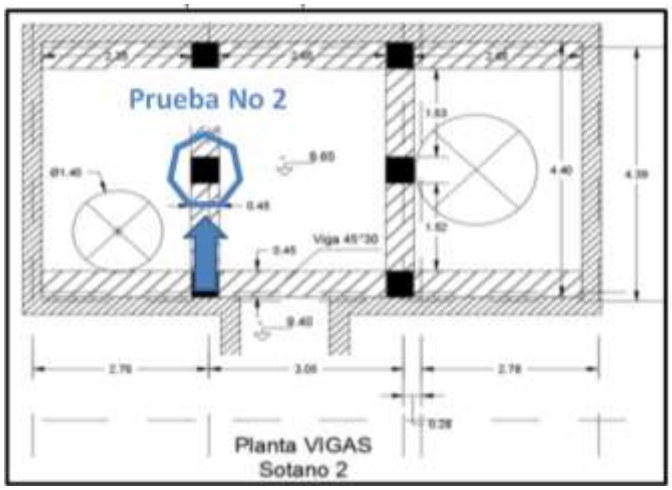
Fuente: el autor

PRUEBA N°2

- Ubicación de los puntos evaluados: Columna central sótano N°2 casa de máquinas.

- Solución utilizada fenolftaleína al 1%.

Ilustración 10. Ubicación de aplicación prueba No 2 fenolftaleína sótano No 2



Fuente: Autor.

Fotografía 3. Registro fotográfico prueba No2 fenolftaleína Sótano No 2.

Se aplica el indicador y se mide la profundidad de carbonatación.

Fuente: el Autor

Tabla 5. Resultados inspección No 2, Prueba de fenolftaleína No 2

INSPECCION TECNICA N°2				
FECHA DE LA INSPECCION	08-jul-16			
TEMP. AMB.	20 °C			
DIMENCIONES DE LA REGATA	20cm x 20cm			
RESULTADOS PROMEDIOS				
No ensayo	**Prof. (mm)**	**Color Observación**	**Ph**	**Observación**
1	Prof. 0-7	Rosado a rojo purpura	9.0 -8.2	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
2	Prof. 8-30	Rosado a rojo purpura	>9. 8	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
3	Prof. 31-60	Rojo purpura	>9. 8	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH

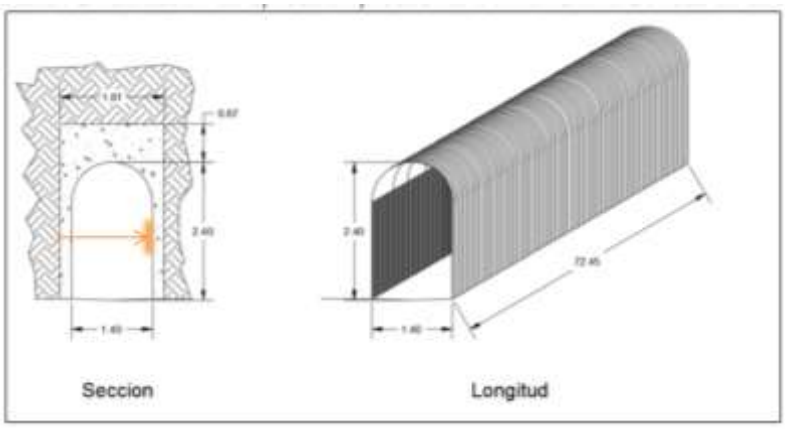
VELOCIDAD DE CARBONATACION				
ESPESOR CARBONATADO x(mm)	**TIEMPO DE CARBONATACION t(años)**	**CONSTANTE DE CARBONATACION k(mm/año^0.5)**	**ESPESOR DE RECUBRIMIENTO ARMADURA (mm)**	**TIEMPO DE CARBONATACION EN LA ARMADURA (años)**
40	60	5.164	10	1.94
PREDICCION DE CARBONATACION EN EL TIEMPO			20	3.87
			30	5.81
			40	7.75
			50	9.68
			60	11.62
			70	13.56

PRUEBA N°3

- Ubicación de los puntos evaluados: Bóveda de acceso y salida sótano N°2 casa de máquinas.

- Solución utilizada fenolftaleína al 1%.

Ilustración 21 Ubicación de aplicación prueba No 3 fenolftaleína Bóveda de acceso



Fuente: Planos levantamiento autor.

Fotografía 4 Registro fotográfico prueba No2 fenolftaleína Sótano No 2

Fuente: el autor.

Tabla 6. Resultados inspección No 3, Prueba de fenolftaleína No 3.

INSPECCION TECNICA N°3				
FECHA DE LA INSPECCION	08-jul-16			
TEMP. AMB.	20 °C			
DIMENCIONES DE LA REGATA	20cm x 20cm			
RESULTADOS PROMEDIOS				
No ensayo	**Prof. (mm)**	**Color Observación**	**PH**	**Observación**
1	Prof. 0-7	Rosado a rojo purpura	9.0 -8.2	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
2	Prof. 8-30	Rosado a rojo purpura	9.0 -8.2	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH
3	Prof. 31-60	Rosado a rojo purpura	9.0 -8.2	Existe carbonato CO3, libre de alcalinidad caustica OH

VELOCIDAD DE CARBONATACION				
ESPESOR CARBONATADO x(mm)	**TIEMPO DE CARBONATACION t(años)**	**CONSTANTE DE CARBONATACION k(mm/año^0.5)**	**ESPESOR DE RECUBRIMIENTO ARMADURA (mm)**	**TIEMPO DE CARBONATACION EN LA ARMADURA (años)**
50	60	6.455	10	1.55
PREDICCION DE CARBONATACION EN EL TIEMPO			20	3.10
			30	4.65
			40	6.20
			50	7.75
			60	9.30
			70	10.84

Fuente: el Autor

Conclusiones ensayo de carbonatación.

Se realizó la regata con el martillo neumático y se procedió a la aplicación de la fenolftaleína en los elementos tipo columnas las cuales se halla que el frente de carbonatación está entre 30 a 40 mm lo cual muy posiblemente alcanzo la armadura.

Se obtuvo que el frente de carbonatación en la bóveda de entrada al sótano No 2. Es de 50 mm, que esta sección no pose ningún tipo de acero de refuerzo, y que su resistencia a la compresión debe de ser corregida entre un 20 o 30 % menos por su avanzado estado de carbonatación.

Se encontró que el frente de carbonatación en los elementos tipo pantalla es de 30 mm y que no ha alcanzado la armadura de acero.

C. ENSAYO DESTRUCTIVO Y NO DESTRUCTIVO

(EVALUACIÓN DE REFUERZO)

Tipos de ensayos.

- Detección del acero de refuerzo FerroScan (Bosch120) Ensayo No Destructivo.

- Detección del acero de refuerzo mediante regatas con perforación mecánica. Ensayo Destructivo.

Objetivo

Detectar la posición, el recubrimiento y el área de refuerzo de los elementos estructurales evaluados

Equipos y materiales utilizados

- FerroScan marca (Bosch 120).

- Martillo neumático “MAQUITA” : utilizado para taladrar con mayor agilidad las zonas de estudio, cuando es necesario la realización de regatas.

Procedimiento

- Selección de los puntos a evaluar.

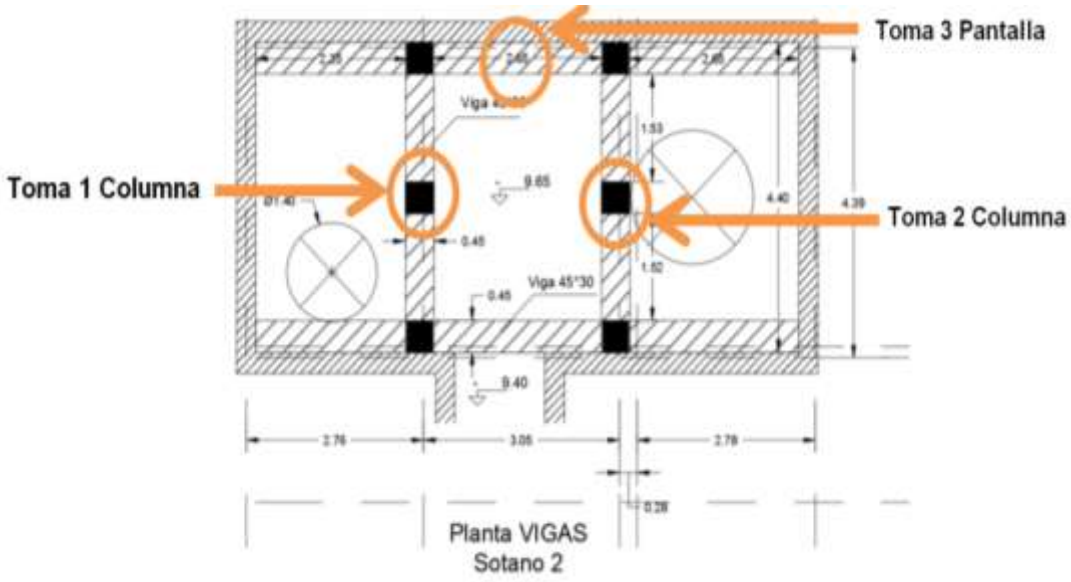
- Se limpia la zona de estudio.

- Se realiza la inspección con el instrumento.

- Se toma un registro detallado.

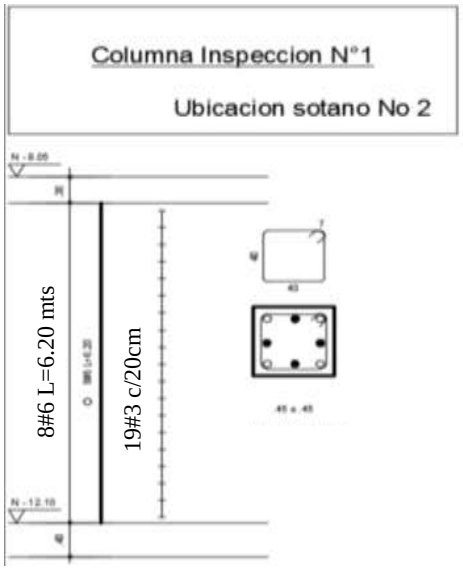
Ubicación de los puntos inspeccionados. Sótano No2.

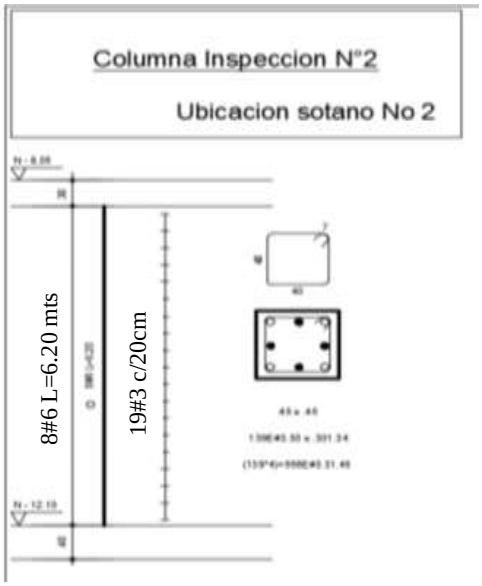
Imagen 11. Puntos inspeccionados Ferro Scan, Sótano No 2.

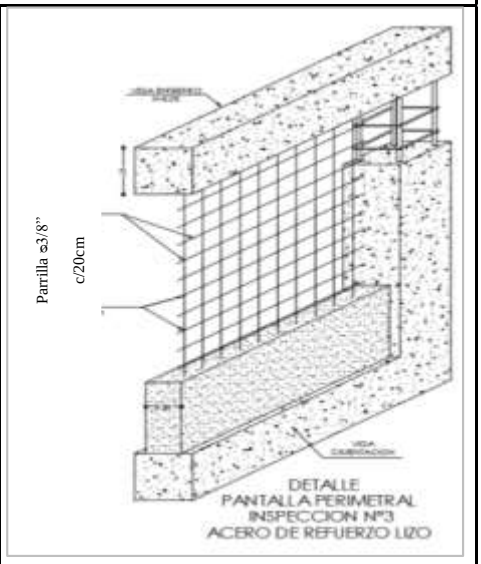


Fuente: el autor

Inspecciones y resultados, Sótano No2

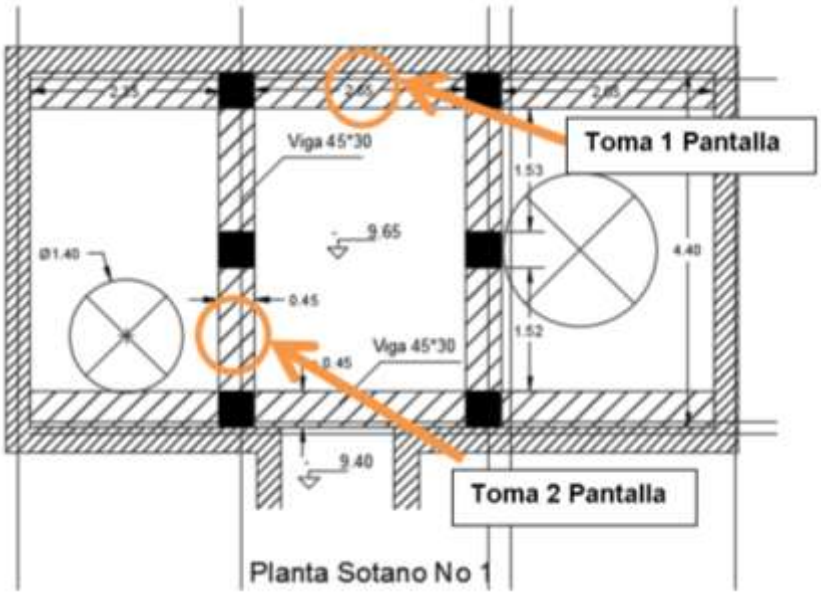
TOMA Nº 1	
Elemento: columna 45x45 cm2 Refuerzo horizontal: cada 20 cm con un diametro de varilla de 3/8” con un recubrimiento entre 3.8 cm a 5 cm en la parte media de la columna. Refuerzo vertical: 3/4” ocho varillas con la siguiente disposicion.	
NOTA: REFUERZO ENCONTRADO EN ACERO LISO.	

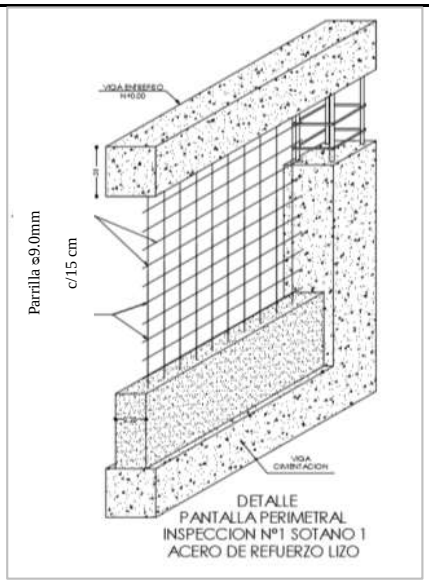
TOMA Nº 2	
Elemento: columna 45x45 cm2 Refuerzo horizontal: cada 20 cm con un diametro de varilla de 3/8” con un recubrimiento entre 3.8 cm a 5 cm en la parte media de la columna. Refuerzo vertical: 3/4” ocho varillas con la siguiente disposicion.	
NOTA: REFUERZO ENCONTRADO EN ACERO LISO.	

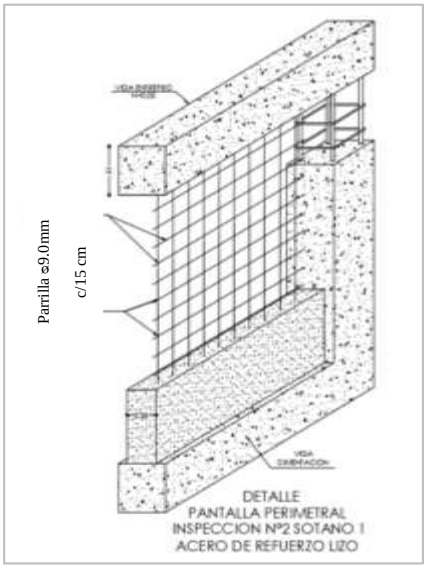
TOMA Nº 3	
Elemento: PANTALLA 20 cm Refuerzo horizontal: cada 20 cm con un diametro de varilla de 3/8” con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna. Refuerzo vertical: cada 20 cm con un diametro de varilla de 3/8” con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna.	
NOTA: REFUERZO ENCONTRADO EN ACERO LISO.	

Ubicación de los puntos inspeccionados. Sótano No1

Ilustración 23 Puntos inspeccionados ferro Scan, Sótano No 1.



TOMA Nº 1	
Elemento: PANTALLA 20 cm Refuerzo horizontal: cada 15 cm con un diametro de varilla de 9.0 mm con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna. Refuerzo vertical: cada 15 cm con un diametro de varilla de 9.0mm con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna.	
NOTA: REFUERZO ENCONTRADO EN ACERO LISO.	

TOMA Nº 2	
Elemento: PANTALLA 20 cm Refuerzo horizontal: cada 15 cm con un diametro de varilla de 9.0 mm con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna. Refuerzo vertical: cada 15 cm con un diametro de varilla de 9.0mm con un recubrimiento entre 3 cm a 5 cm en la parte media de la columna.	
NOTA: REFUERZO ENCONTRADO EN ACERO LISO.	

Registro Fotográfico

SÓTANO No 2.

Nota:

Se realizan las inspecciones en el Sótano No2 de los elementos tipo columna y pantallas.

SÓTANO No 1

Nota:

Se realizan las inspecciones en el Sótano No1 de los elementos tipo columna y pantallas.

Conclusiones ensayo de ferro scan

Se realiza la revisión de los elementos estructurales (columnas, vigas y muros) los cuales se evaluaron en las partes de la estructura como bóveda, sótano No 2, Sótano No 1 y casa de máquinas.

Se realizaron varias tomas en la bóveda en las cuales no se detectó ningún tipo de refuerzo armado ni en los elementos laterales, ni en su parte superior, se prevé que la estructura principalmente funciona a compresión.

Se hallaron que los elementos tipo columna los cuales soportan las principales cargas axiales en el sótano 2 y el sótano 1, poseen un refuerzo principal en acero liso de ¾ de pulgada, los cuales realizando una análisis tipo destructivo se halló que el acero horizontal se encontraba mal colocado presentando una dirección no ortogonal para su eficiente funcionamiento.

Los muros o pantallas ubicados en la estructura los cuales fueron evaluados posen un parrilla de 8 a 9 mm con separaciones entre 15 a 20 cm, los cuales se tomaron con detección del Ferro Scan al no poder acceder con el martillo neumático para poder realizar algún tipo de inspección visual con un método destructivo.