REF.: *CONTRATO No.. IP-22-2025 – "DIAGNÓSTICOS ESTRUCTURALES, ENSAYOS DE PATOLOGÍA Y PROPONER MEDIDAS TÉCNICAS PARA SU ADECUACIÓN CONFORME A LA NORMATIVIDAD VIGENTE DEL PALACIO JUDICIAL DE VILLAVICENCIO, META".*

ESTUDIO DE PATOLOGÍA

ESTRUCTURA: PALACIO JUDICIAL VILLAVICENCIO META

CÓDIGO:QTR-058-RDE-011_PATOLOGÍA

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN MODIFICACIÓN
1	16-12-25	Emisión Inicial para revisión

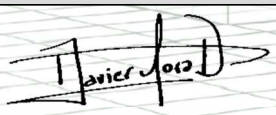
Realizado Por:	Aprobado Por:
	
Javier Alfonso Mora Daza	

TABLA DE CONTENIDO

IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS 22

LOCALIZACIÓN NUCLEOS 23

TORRE A PISO 1 25

..... 25

TORRE A PISO 2 26

..... 26

TORRE A PISO 327

..... 27

TORRE A PISO 4 28

..... 28

TORRE A PISO 5 29

..... 29

TORRE B SOTANO 30

TORRE B PISO 1 31

..... 31

TORRE B PISO 2 31

..... 32

TORRE B PISO 3 32

..... 33

TORRE B PISO 4 33

..... 34

TORRE B PISO 5 34

..... 35

NORMATIVA POR EMPLEAda 57

inventario y clasificación de daños 58

ANALISIS DE LESIONES. 58

CONTROL DE FISURAS..... 58

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN:..... 58

causa de lesiones, DIAGNOSIS Y NOSOLOGÍA 60

Certificaciones de equipos 90

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización general de la edificación (unidades estructurales 1. y 2) 8
Ilustración 2. Año 2005 contexto urbano con el antiguo coliseo 9
Ilustración 3. año 2020 teja de asbesto-cemento....9
Ilustración 4. Espectro elástico de pseudoaceleraciones para el evento en particular. (fuente SGC) 10
Ilustración 5. Comparación de registros de acelerogramas (Villavicencio) 11
Ilustración 6Tabla de aceleraciones pico (PGA) fuente SGC. 12
Ilustración 7 Atenuación del PGA respecto a la distancia focal. (Fuente SGC) 12
Ilustración 8. localización de las estructuras en estudio. 13
Ilustración 9 Climograma ,. Fuente climate data.org....14
Ilustración 10. Dirección predominante N y NO. Fuente: Windfinder. 14
Ilustración 11. Vegetación Frondosa Perimetral. 15
Ilustración 12. Fachada vegetación interna....15
Ilustración 13. Fachada con presencia de individuos arbóreos....16
Ilustración 14. Fachada norte con presencia de individuos arbóreos frondosos....16
Ilustración 15. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto y ensayo de carbonatación. 19
Ilustración 16. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto. 20
Ilustración 17. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto.(Fuente: Propia) 20
Ilustración 18. Procedimiento de extracción en vigas.. 21
Ilustración 19. Localización del Proyecto. 22
Ilustración 20.División aproximada del área bajo la curva de distribución normal de frecuencia y valores de confiabilidad....36
Ilustración 21.Resultados muestras a compresión....37
Ilustración 22. Procedimiento de Ensayo de carbonatación....40
Ilustración 23. Procedimiento para ensayo de esclerometría a contrapunta en columna. 44
Ilustración 24. Procedimiento para ensayo de esclerometría a contrapunta en columna. 44
Ilustración 25. Procedimiento para ensayo de esclerometría....45
Ilustración 26. Distribución normal resistencia aparente....46
Ilustración 27. Grafica de distribución de resistencias aparentes. 46
Ilustración 28. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. (Fuente: Propia) 49
Ilustración 29. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. No se observan lesiones en el acero (Fuente: Propia) 50
Ilustración 30. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo acero corrugado. 50
Ilustración 31. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. (Fuente: Propia) 51
Ilustración 32. Estado del acero de refuerzo. 51
Ilustración 33. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan.(Fuente: Propia) 53
Ilustración 34. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan. 53
Ilustración 35. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan. 54
Ilustración 36. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan elementos entrepiso....54
Ilustración 37. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan. 55
Ilustración 38. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan.en nudos 55

Ilustración 39. Presencia de elementos y equipos de aire acondicionado que generan un ataque por humedad en fachada 60
Ilustración 40. Asentamiento presentado en la edificación fachada 61
Ilustración 41. Inclinación presentado en la edificación. 61
Ilustración 42. Sobrecarga viva generada por almacenamiento de procesos judiciales se observan lesione en los elementos no estructurales posteiores.. 62
Ilustración 43. Descripción grafica del mecanismo de asentamiento global. 63
Ilustración 44. Lesión entre columnas por asentamiento. 63
Ilustración 45. Nivelación y verticalidad torre A.....64
Ilustración 46. Nivelación y verticalidad torre B.....65
Ilustración 46. Mecanismo de ataque e incrustación de cloruro en la masa de concreto. 67
Ilustración 47. Localización de la fase actual de estado de la estructura desempeño malo. 67
Ilustración 48. Celda electroquímica de corrosión de una barra de acero embebida en el concreto 68
Ilustración 49. Esquema explicativo Perdida de sección bruta del acero y lesiones en la masa de concreto generando agrietamiento. 69
Ilustración 50. Porosidades y oquedades encontradas en la masa de concreto. 70
Ilustración 51. Ataque por corrosión en vigas. 70
Ilustración 52. Ataque por corrosión.....71
Ilustración 53. Desconchamiento por corrosión en armadura de viga. 71
Ilustración 54. Diagrama de flujo de estado de desempeño para el proyecto.....72
Ilustración 55. Definición grafica del desempeño por durabilidad. 73
Ilustración 56. Esquema reacción al ontacto on el acero estructural 74
Ilustración 57. Imagen de propuesta de cambio de materialidad en fachada color textura bioclimáticamente adecuado. 81
Ilustración 58. Mecanismo de Funcionamiento del ánodo de sacrificio (Fuente . Sanabria).....82
Ilustración 59. Instalación de ánodo de sacrificio en elemento de concreto reforzado (Fuente Novapox SL) 82

1. PRESENTACIÓN.

El presente documento realiza un análisis de las causas y fuentes de ataque manifestándose en lesiones que han afectado la edificación en su materialidad, así mismo se hace una descripción de la caracterización de los materiales que constituyen la edificación dando predominancia al concreto reforzado como material principal, así mismo se da una descripción de los procesos y fenómenos detectados, en las evidencias encontradas como lesiones para finalmente emitir un diagnóstico y calificación de la edificación.

El informe patológico de la construcción se usará como insumo para el informe de vulnerabilidad u otro documento pertinente y el cual se emplea para determinar el estado actual de los materiales que constituyen la estructura además de determinar las condiciones actuales en las que se encuentra la edificación.

A. OBJETIVO GENERAL.

Determinar a partir del plan de inspección y ensayos las características mecánicas de los materiales constitutivos de la edificación y registro de evidencia de lesiones y ataques a los cuales estuvo sometida a lo largo de su vida y mediante la información recopilada en los ensayos se presenta un diagnóstico del estado actual como insumo para la toma de decisiones en el estudio de los motivos de las afectaciones a la estructura en donde las inspecciones oculares.

La extracción de muestras y los ensayos destructivos y no destructivos (a los que haya lugar) definen las propiedades mecánicas y físicas de su materialidad, y donde la diagnosis de la estructura y caracterización se presentan como insumo en su posterior evaluación l, para la correcta toma de decisiones en la intervención de la edificación.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

Efectuar la recopilación de información técnica, a partir de ensayos e inspecciones, con el fin de realizar un diagnóstico que permita tener los datos de entrada para los diferentes análisis que se derivan en estrategias de intervención acordes a las características tecnológicas de la estructura, con las demandas de las consideraciones de operación y

normativas para el tipo de construcción mediante la verificación de la información existente.

Efectuar un muestreo para caracterización materiales estructurales mediante la ejecución de ensayos no destructivos en campo y ensayos destructivos en laboratorio .

Analisis del registro de lesiones para el análisis de procesos de ataque mediante la identificación de patología más relevante y su nosología.

Realizar la calificación del estado actual de la estructura según NSR-10.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

Los edificios que conforman el complejo Judicial del consejo seccional de la judicatura en Villavicencio localizado en la Carrera 29 #33B-78 de la ciudad de Villavicencio en el departamento del Meta (coordenadas 4°08´48”N 73°38´07”W), está emplazado frente al sector del parque las Banderas, es una construcción con una vetustez de 30 años, se compone de dos torres principales cada una con tres unidades estructurales unidas por el punto fijo, denominadas Torre A y Torre B, con cinco niveles y la torre B con sótano.

Su sistema estructural está definido como pórticos de concreto reforzado resistentes a momento en dos direcciones con luces entre 5 y 7 m, su sistema de entrepiso es del tipo aligerado unidireccional, con viguetas, la cubierta presenta un sistema de acero con correas metálicas y teja liviana.



Ilustración 1. Localización general de la edificación (unidades estructurales 1. y 2) .

3. SINOPSIS CLINICA DE LA EDIFICACIÓN.

Para entender el comportamiento de la edificación es necesario dar un contexto histórico de la misma, por ello se da una breve descripción, con base en un análisis de documental existente, no se obtuvieron planos de diseño sin embargo a continuación se presenta una breve reseña.



Ilustración 2. Año 2005 contexto urbano con el antiguo coliseo .



Ilustración 3. año 2020 teja de asbesto-cemento

Como evento reciente más importante a la cual ha sido sometida la estructura fue el sismo con epicentro en la población de Paratebueno, Cundinamarca el 8 de junio de 2025.

Según el Servicio Geológico Colombiano, el sismo se produjo en la localización de 4.36°latitud Norte, -73.26° longitud este, a una profundidad superficial con una Magnitud de 6.5, con una intensidad de VIII en la localidad de Paratebueno Cundinamarca.

Se puede concluir que el efecto de los sismos presentados, se mostraron en rango elástico (es decir sin daños para la estructura en donde no se generaron lesiones al sistema de resistencia sísmico). La aceleración pico PGA para la ciudad de fue menor del 10% del PGA, por lo cual no alcanzó el esperado máximo probable. Y no generó en el sistema de resistencia sísmico del edificio lesiones fuera del rango elástico en la estructura principal sin embargo se presentan lesiones y daños asociados a elementos no estructurales.

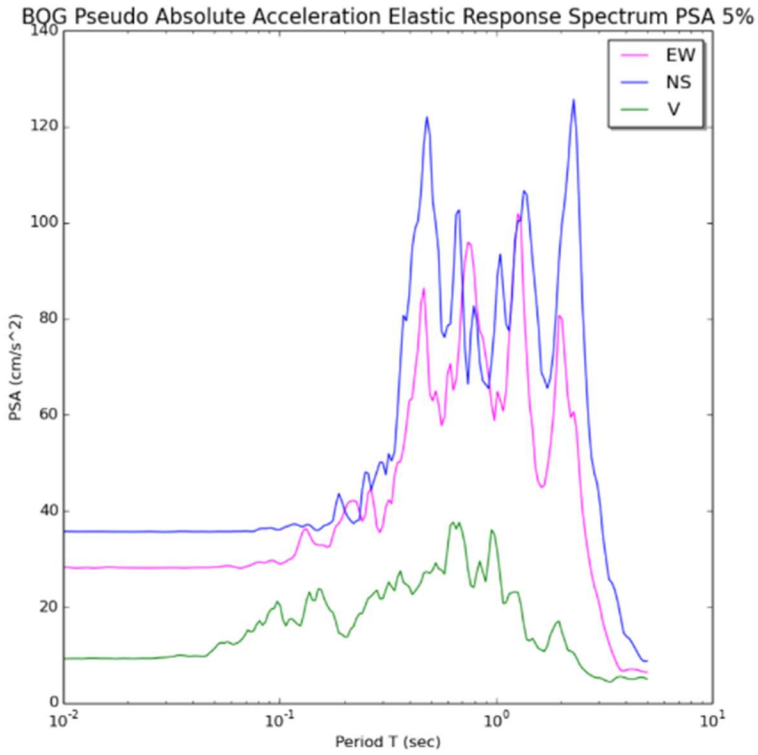


Ilustración 4. Espectro elástico de pseudoaceleraciones para el evento en particular. (fuente SGC)

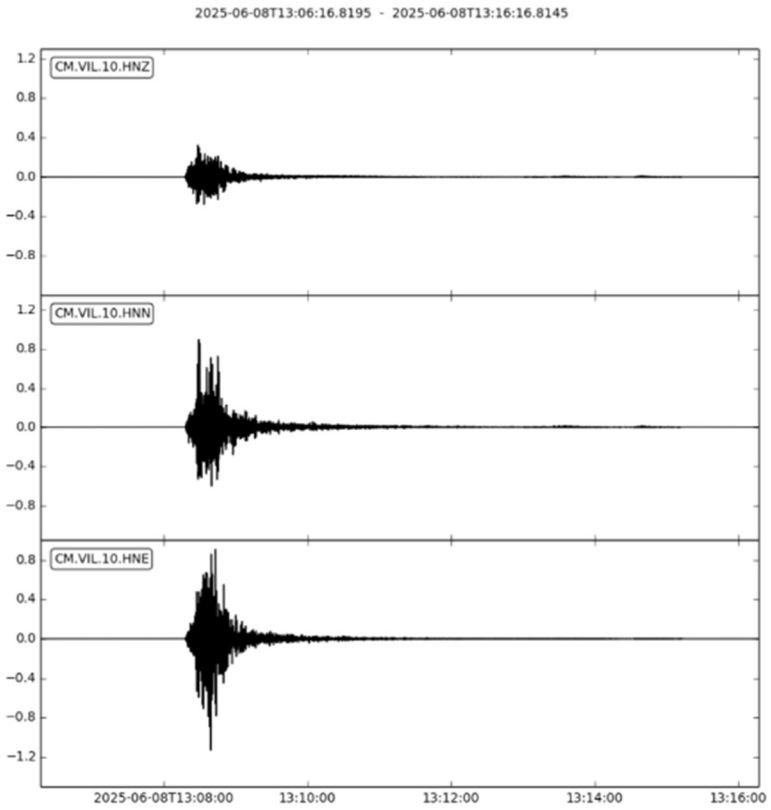


Ilustración 5. Comparación de registros de acelerogramas (Villavicencio)

Así mismo el registro del servicio geológico colombiano muestra una aceleración pico de 35.6cm/s² lo que equivale a 3.6% de la aceleración de la gravedad en sentido norte-sur y de 2.9% en sentido este -oeste. O en términos de la amenaza se lograron aceleraciones del 20% de la aceleración máxima probable esperada.

Nombre estación	Red	Código	Latitud(°)	Longitud(°)	Localizador	Elevación (msnm)	Dist.Epi (km)	Dist.Hip (km)	PGA EW (cm/s^2)	PGA NS (cm/s^2)	PGA Z (cm/s^2)
Villavicencio, Meta, Colombia	CM	CVIL1	4.17	-73.64	10	463	46	46	58.372482	53.713285	40.526944
Villavicencio, Meta, Colombia	CM	VIL	4.11	-73.69	10	1109	55	55	113.049108	89.837772	32.287354
Acacias, Meta, Colombia	CM	ACH1	3.94	-73.67	10	491	65	65	44.789531	52.668926	26.049728
Quetame, Cundinamarca, Colombia	CM	CQUET	4.33	-73.86	10	1486	66	66	17.779038	24.613976	18.987929
Bogota, SGC	CM	BOG	4.64	-74.08	10	2584	96	96	28.10453	35.660142	9.236279
Lejanias, Meta, Colombia	CM	CLEJA	3.54	-74.04	10	749	126	126	24.906393	29.003807	12.696751
El Rosal, Cundinamarca, Colombia	CM	ROSC	4.84	-74.32	10	2987	129	129	12.419122	11.006482	4.412917
Fuquene, Cundinamarca, Colombia	CM	CFQNE	5.47	-73.74	10	2564	134	134	5.312479	6.64357	1.788791
Tunja, Boyaca, Colombia	CM	CTUN3	5.55	-73.36	10	2740	134	134	12.433542	11.373552	4.685141
San Juan de Arama, Meta, Colombia	CM	ARAMC	3.35	-73.94	00	665	135	135	43.118523	59.36824	30.091084

Ilustración 6Tabla de aceleraciones pico (PGA) fuente SGC.



Ilustración 7 Atenuación del PGA respecto a la distancia focal. (Fuente SGC)

En ordenes de magnitud de desplazamiento para el periodo de las diferentes unidades estructurales el desplazamiento máximo no superó los 2.0cm

4. ANÁLISIS DEL ENTORNO:

Dentro de los análisis de posibles afectaciones o ataques de índole físico a la que puede estar sometida una estructura están las condiciones y variables climáticas y geo-ambientales del sitio de implantación, así como las condiciones de amenaza regionales y locales, a continuación, se presenta un esbozo general de las variables del sector donde se localiza la estructura actual y la influencia sobre la construcción.

La edificación presenta un entorno consolidado urbanísticamente,



Ilustración 8. localización de las estructuras en estudio.

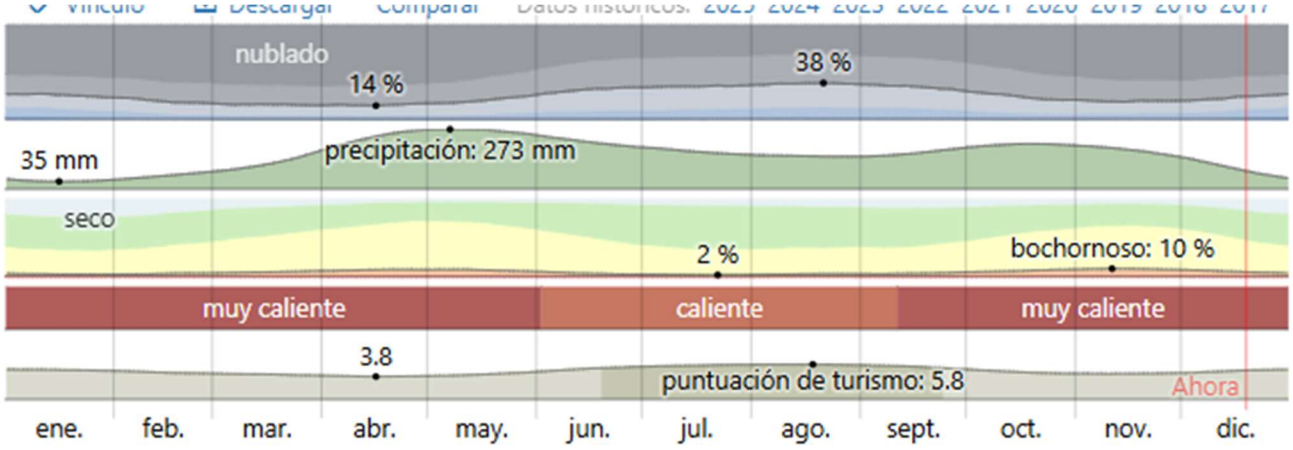


Ilustración 9 Climograma ,. Fuente climate data.org

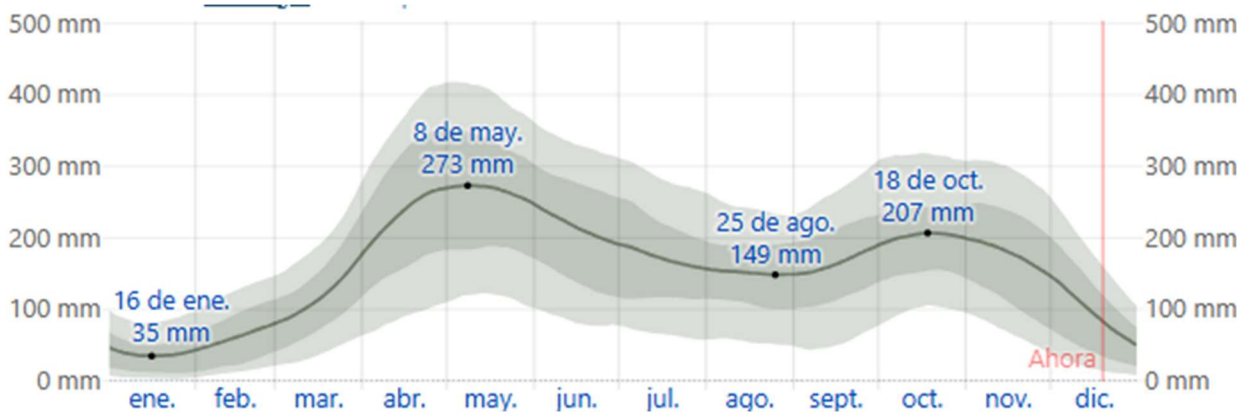


Ilustración 10. Dirección predominante N y NO. Fuente: Windfinder.

Al ser una edificación que no en zona costera no hay un ataque cercano de fuentes de cloruros.



Ilustración 11. Vegetación Frondosa Perimetral.

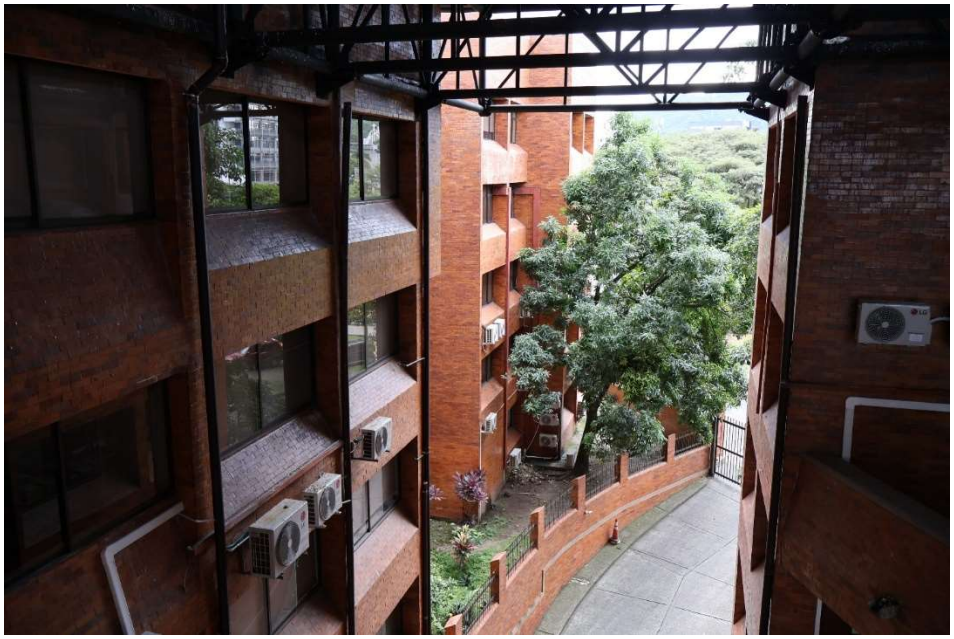


Ilustración 12. Fachada vegetación interna.



Ilustración 13. Fachada con presencia de individuos arbóreos.



Ilustración 14. Fachada norte con presencia de individuos arbóreos frondosos.

5. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES Y AUSCULTACIONES.

Se realiza la caracterización de materiales mediante ensayos destructivos como extracción de núcleos y no destructivos, como esclerometrías e imágenes ferromagnéticas, levantamiento de lesiones, así mismo el análisis de contenidos químicos para determinar las fuentes de ataque así como el análisis de humedades, auscultaciones, análisis de información existente, análisis de resistencia mediante ensayos acorde a normas NTC se realizarán análisis y caracterización de materiales calas exploratorias, investigación de campo y estado de distorsión y nivelación de la construcción caracterización mecánica de los elementos estructurales y portantes para realizar la calificación de la estructura acorde al titulo A.10 de NSR-10. proyección de vida útil. Recomendaciones de intervención a las patologías detectadas.

C. COMPRESIÓN SEGÚN 3658

La extracción de núcleos de concreto es un método comúnmente utilizado para evaluar la calidad del concreto en estructuras existentes. La metodología para realizar esta tarea con un extractor de núcleos con broca de punta de tungsteno (de 2" a 3") implica varios pasos para asegurar que el proceso sea seguro y que los núcleos obtenidos sean representativos y útiles para el análisis. A continuación, se describen los pasos detallados para llevar a cabo esta tarea:

1. Preparación Previa
   - Selección de Lugares de Muestreo: Identificar y marcar las áreas específicas de la estructura donde se extraerán los núcleos. Las ubicaciones deben ser representativas del conjunto de la estructura y seleccionadas para evitar áreas con refuerzos críticos o servicios embebidos.
   - Revisión de Planos: Consultar los planos estructurales para evitar cortar elementos de refuerzo críticos y servicios embebidos (como tuberías y conductos eléctricos).
2. Preparación del Equipo
   - Extractor de Núcleos: Verificar que el extractor de núcleos esté en buen estado de funcionamiento. Asegurarse de que la broca de punta de tungsteno esté afilada y en buenas condiciones.
   - Equipo de Protección Personal (EPP): Utilizar el equipo de protección adecuado, que incluye casco, gafas de seguridad, guantes, protectores auditivos y mascarilla contra el polvo.
3. Procedimiento de Extracción

- Instalación del Extractor de Núcleos: Colocar y fijar el extractor de núcleos en la ubicación seleccionada. Hay que asegurar que esté nivelado y firmemente sujeto para evitar movimientos durante la perforación.

Perforación:

- Iniciar la perforación aplicando una presión constante y moderada. La broca debe mantenerse perpendicular a la superficie del concreto.
- Utilizar agua para enfriar la broca y eliminar el polvo de concreto durante la perforación. Esto también ayuda a prolongar la vida útil de la broca y mejorar la calidad del núcleo extraído.
- Continuar perforando hasta alcanzar la profundidad deseada, generalmente suficiente para obtener un núcleo de al menos el doble del diámetro de la broca.

Extracción del Núcleo:

- Una vez alcanzada la profundidad adecuada, retirar cuidadosamente el núcleo de concreto del agujero.
- Evitar dañar el núcleo durante la extracción. Utilizar herramientas adecuadas para liberar el núcleo si está atrapado.

4. Post-Extracción

Marcado y Registro:

- Marcar el núcleo extraído con un identificador único y registrar su ubicación, orientación y cualquier otra información relevante.
- Registrar también las condiciones de la perforación, como la profundidad del núcleo y cualquier observación sobre la calidad del concreto durante la perforación.

Almacenamiento y Transporte:

- Proteger los núcleos extraídos para evitar daños durante el almacenamiento y transporte.
- Utilizar contenedores o soportes adecuados para mantener los núcleos intactos y etiquetados correctamente.

5. Análisis de Núcleos

Preparación para Ensayos:

- Si se requiere, preparar los núcleos para ensayos adicionales (como compresión, densidad, contenido de humedad, etc.).
- Cortar y alisar las superficies de los núcleos según las normas aplicables para los ensayos específicos.

- Ensayos de Laboratorio: Realizar los ensayos de laboratorio necesarios según las normas y procedimientos establecidos para evaluar la calidad del concreto.

6. Reporte de Resultados

Documentación:

- Elaborar un informe detallado que incluya la ubicación de los núcleos extraídos, las observaciones realizadas durante la perforación y los resultados de los ensayos de laboratorio.
- Incluir fotografías de los núcleos y diagramas de las ubicaciones de extracción.

7. Consideraciones Adicionales

Impacto en la Estructura:

- Evaluar el impacto de la extracción de núcleos en la integridad de la estructura y realizar reparaciones si es necesario.
- Utilizar materiales de reparación adecuados para rellenar los agujeros dejados por la extracción de los núcleos.



Ilustración 15. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto y ensayo de carbonatación. (Fuente: Propia)



Ilustración 16. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto. (Fuente: Propia)

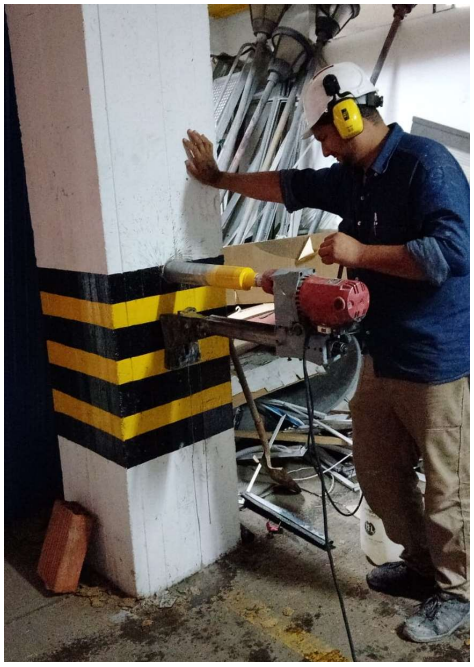


Ilustración 17. Procedimiento de extracción de núcleos en columna de concreto.(Fuente: Propia)

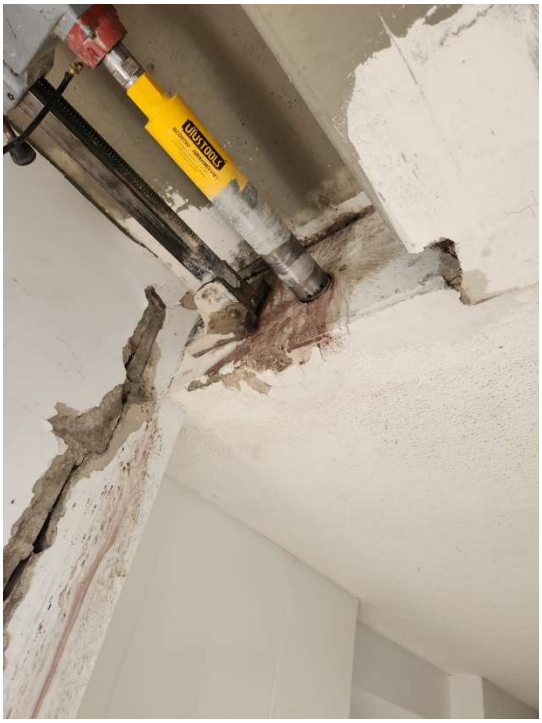


Ilustración 18. Procedimiento de extracción en vigas..
(Fuente: Propia)

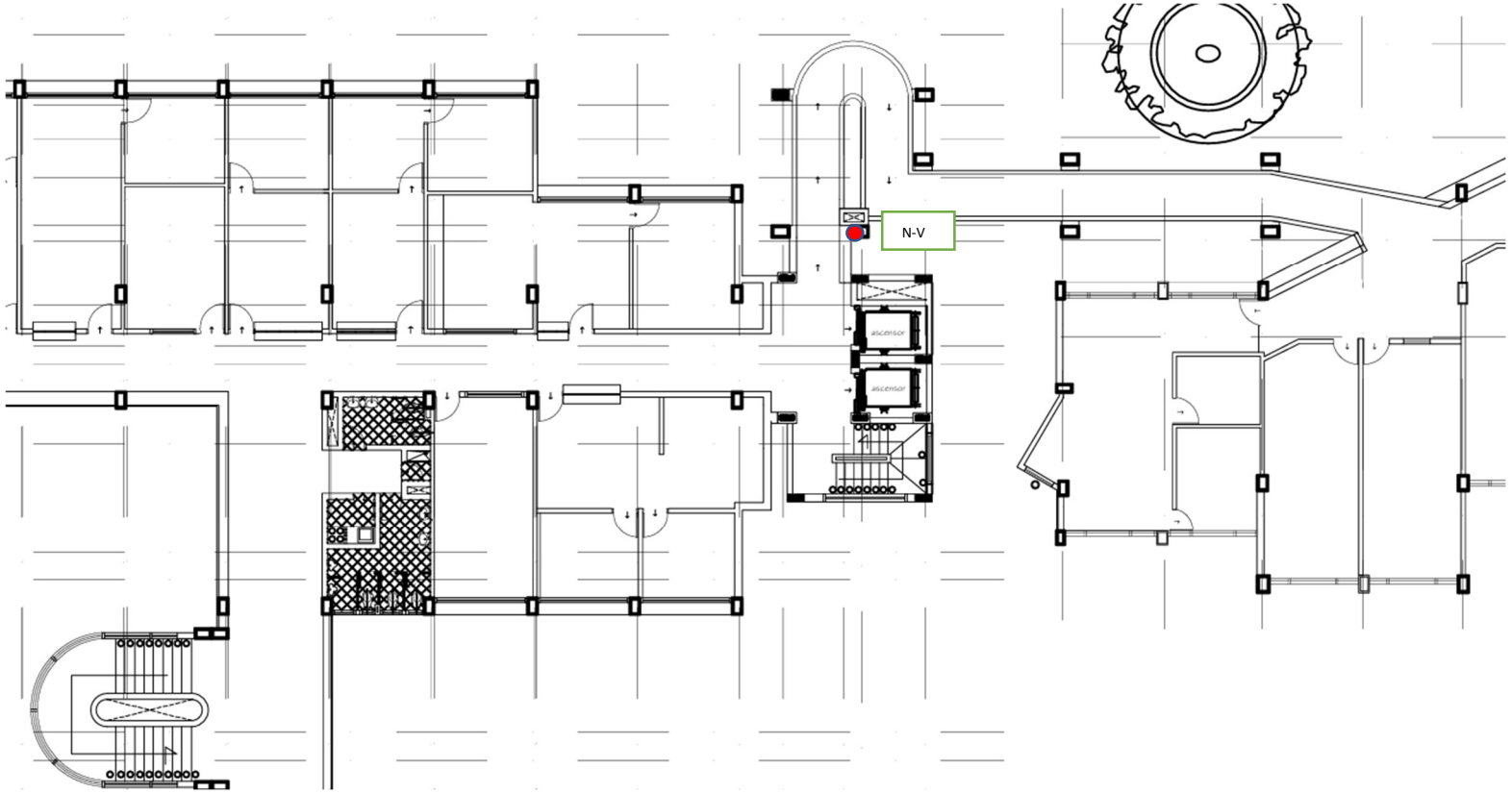
IDENTIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS

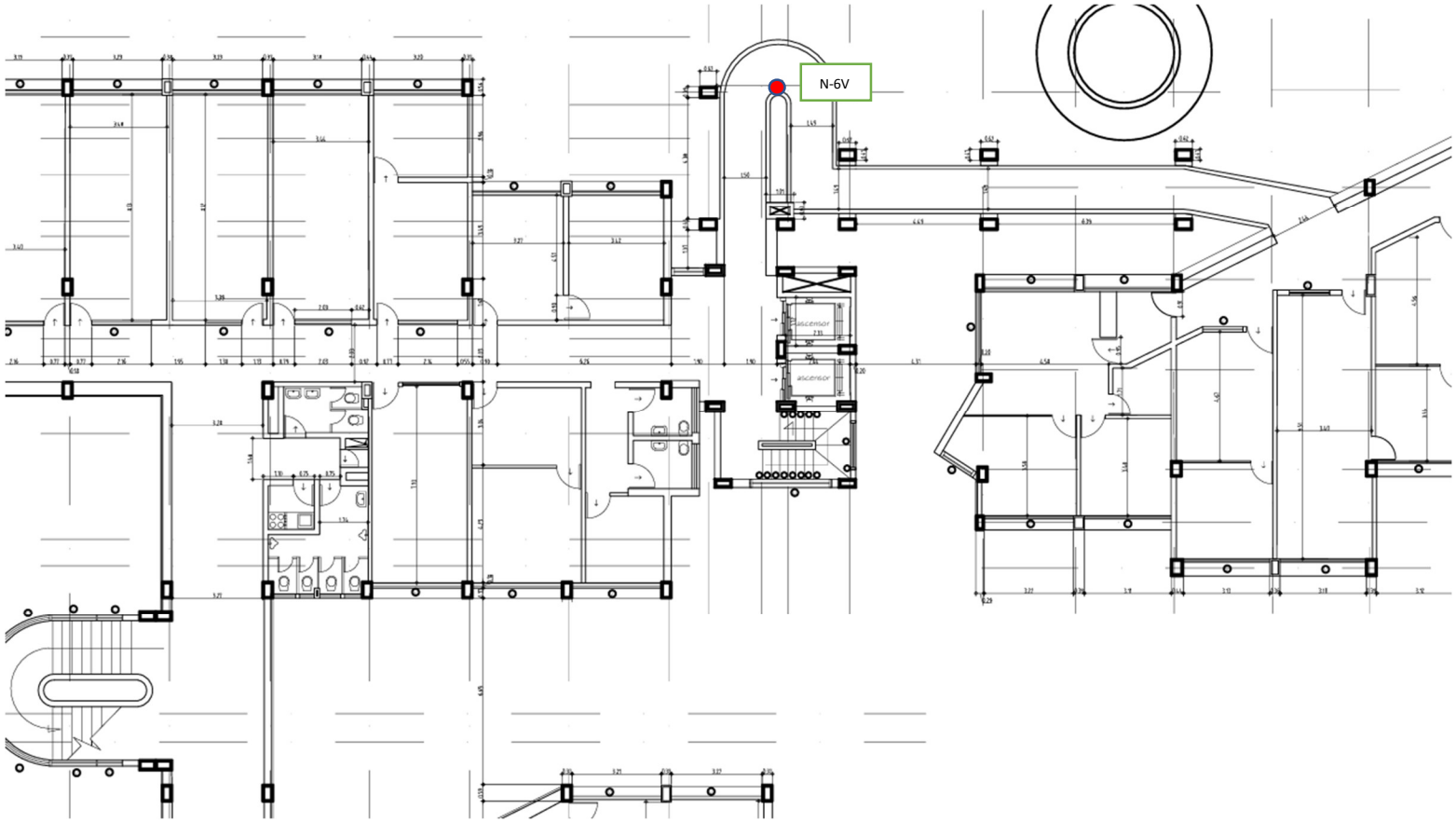


Ilustración 19. Localización del Proyecto.

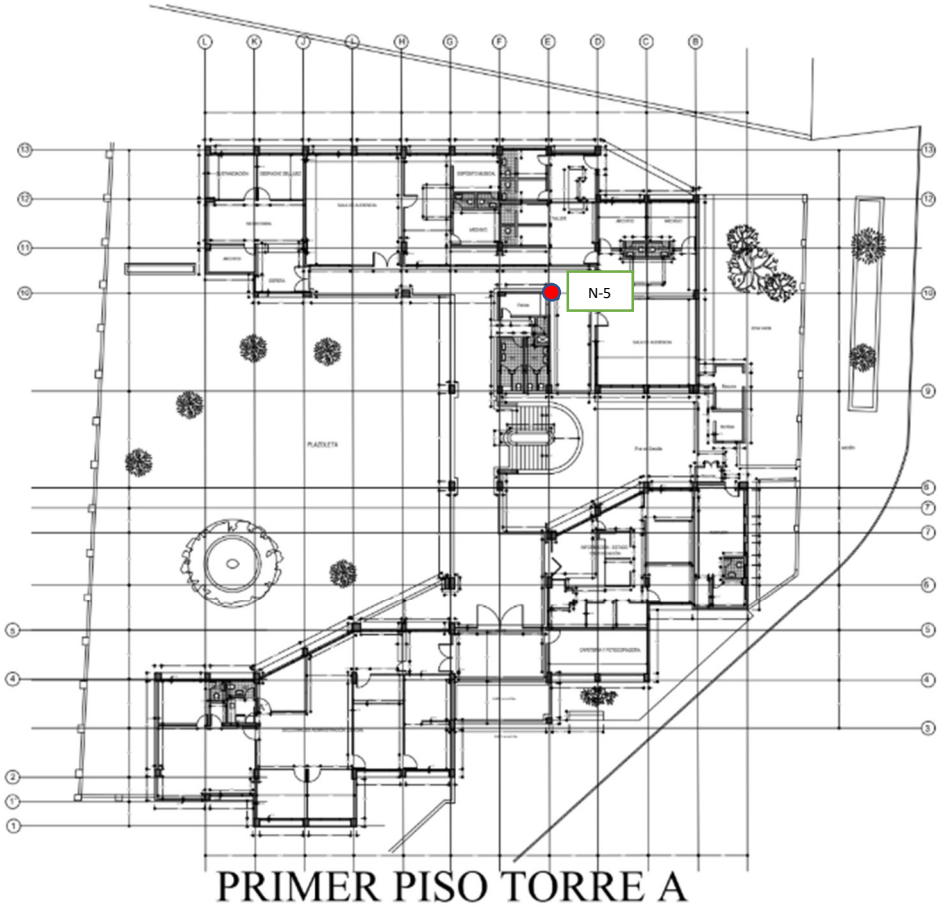
N°	ESTRUCTURA	AREA
1	TORRE A	5225 m^2
2	TORRE B	8729 m^2

LOCALIZACIÓN NUCLEOS

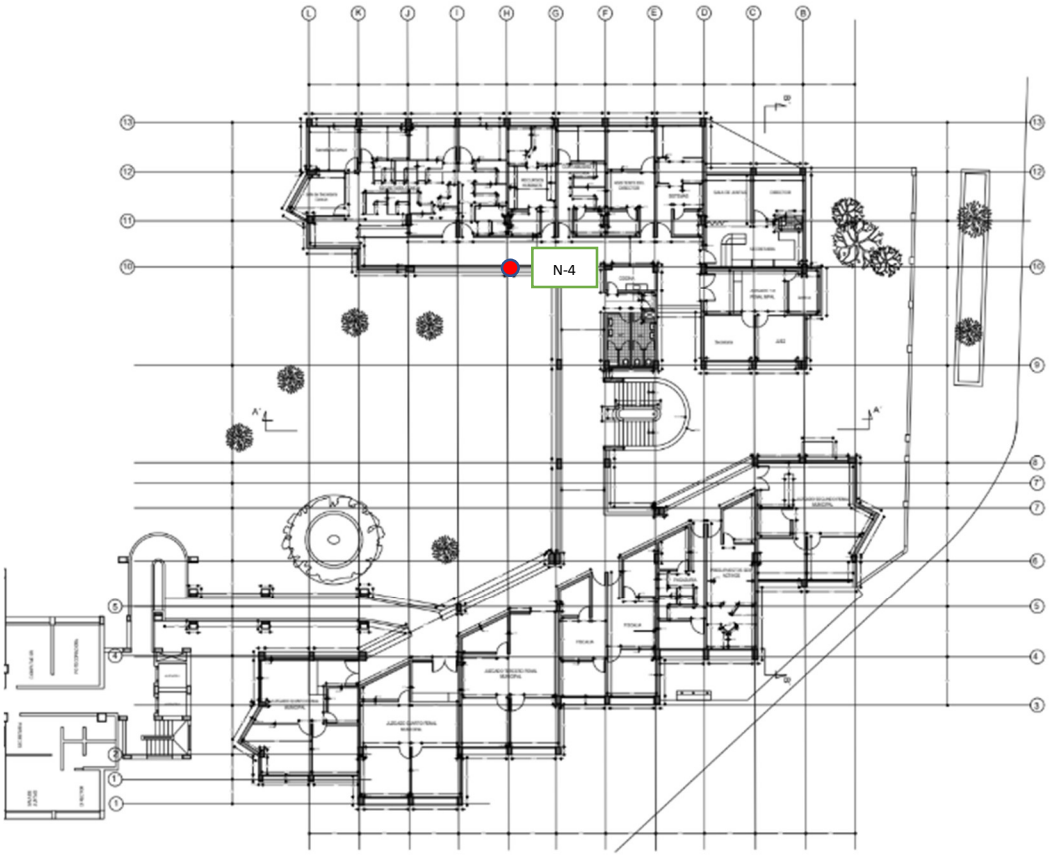



N-6V

TORRE A PISO 1



TORRE A PISO 2



TORRE A PISO 3



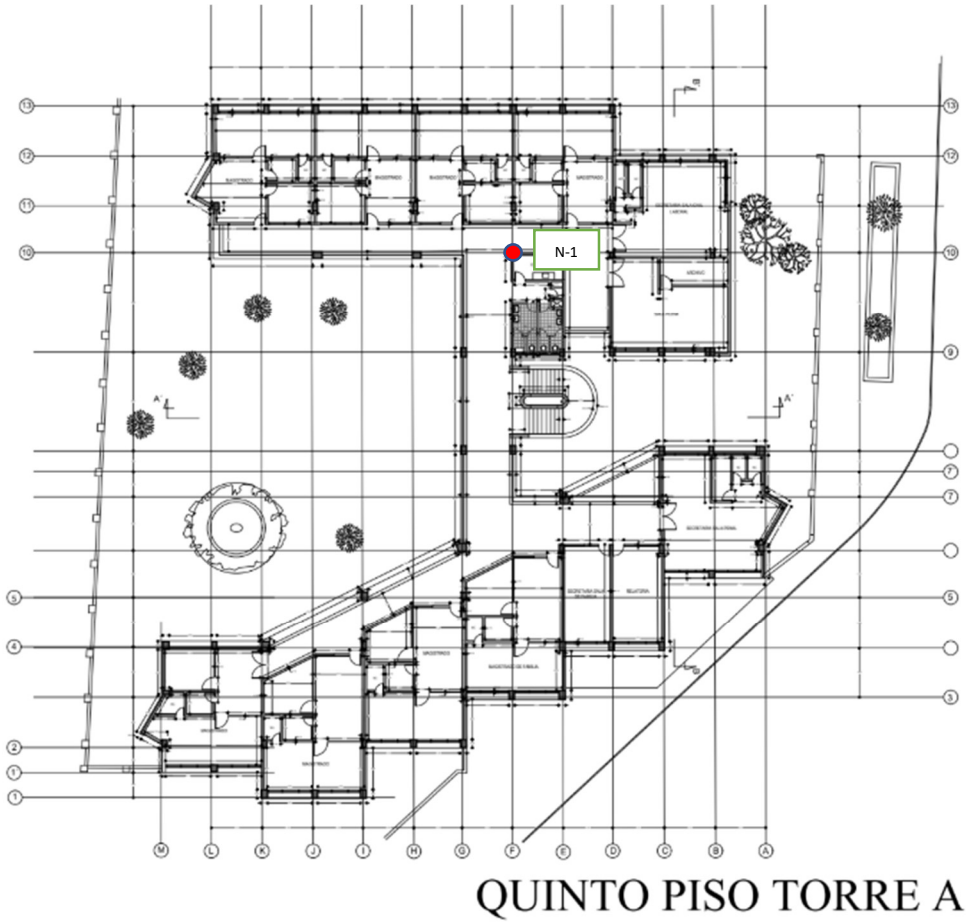
TERCER PISO TORRE A

TORRE A PISO 4



CUARTO PISO TORRE A

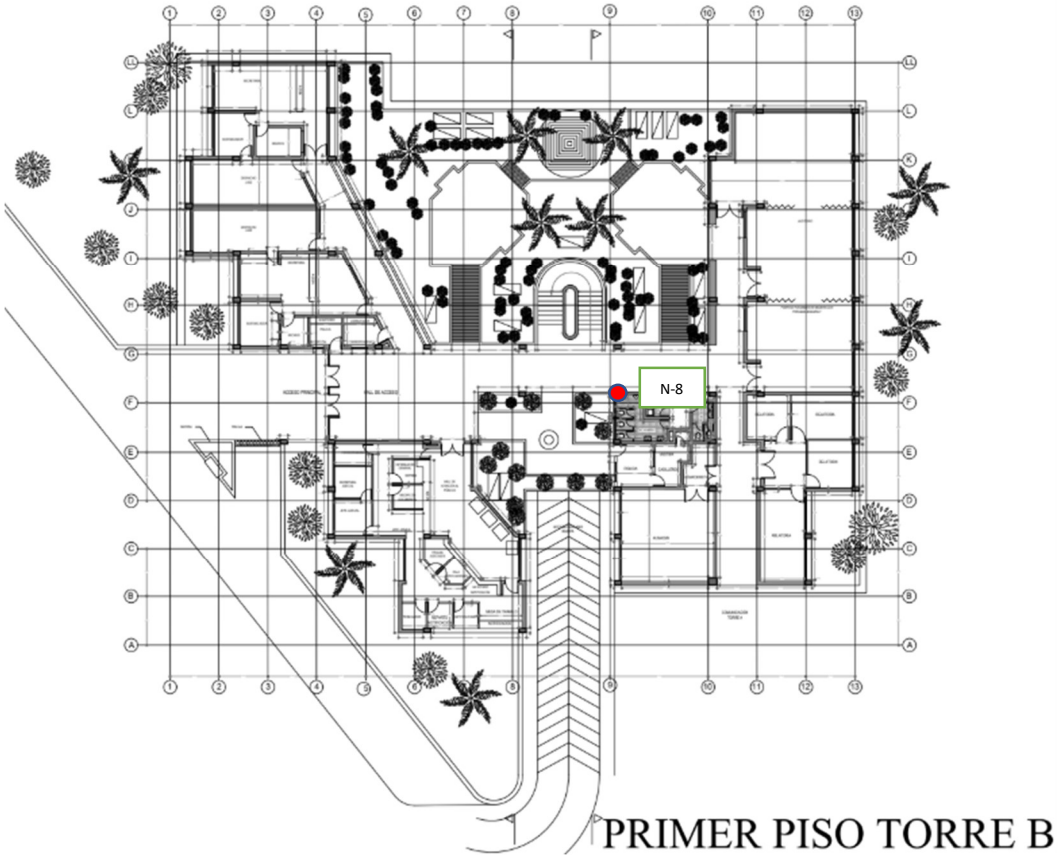
TORRE A PISO 5



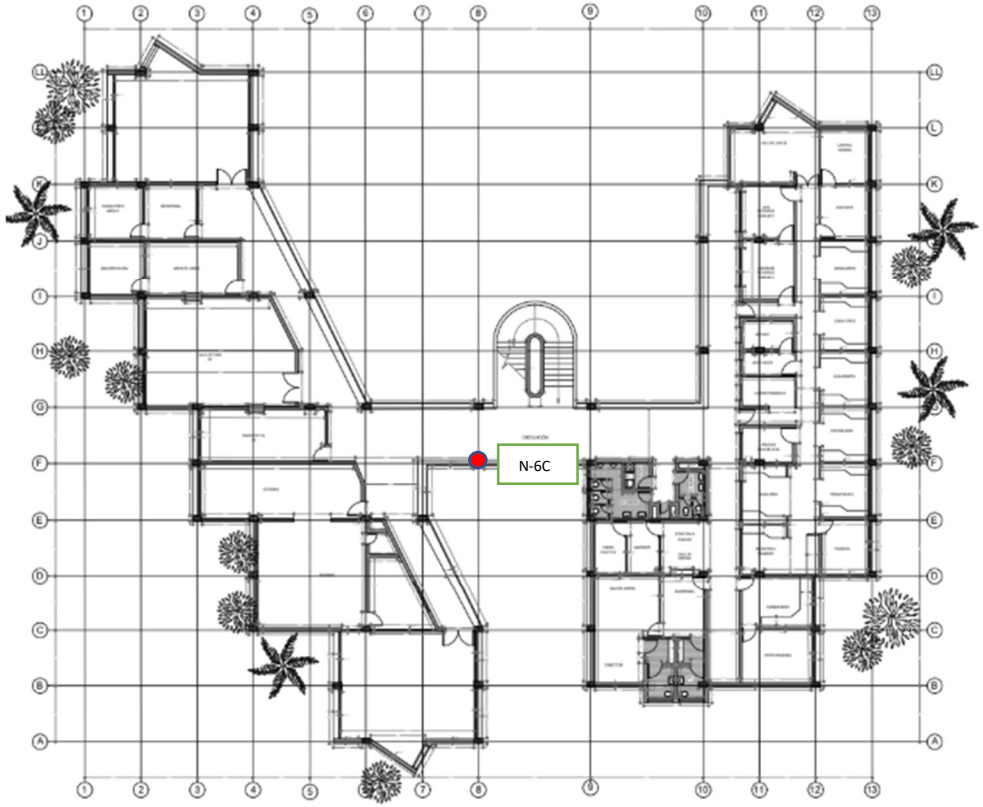
TORRE B SOTANO



TORRE B PISO 1

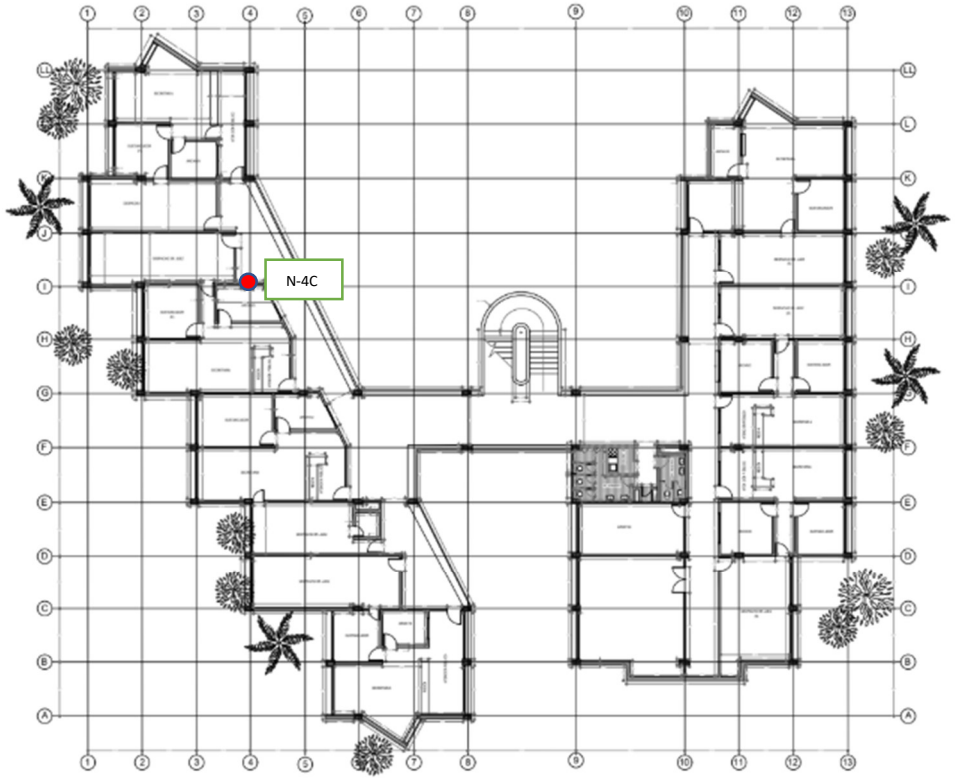


TORRE B PISO 2



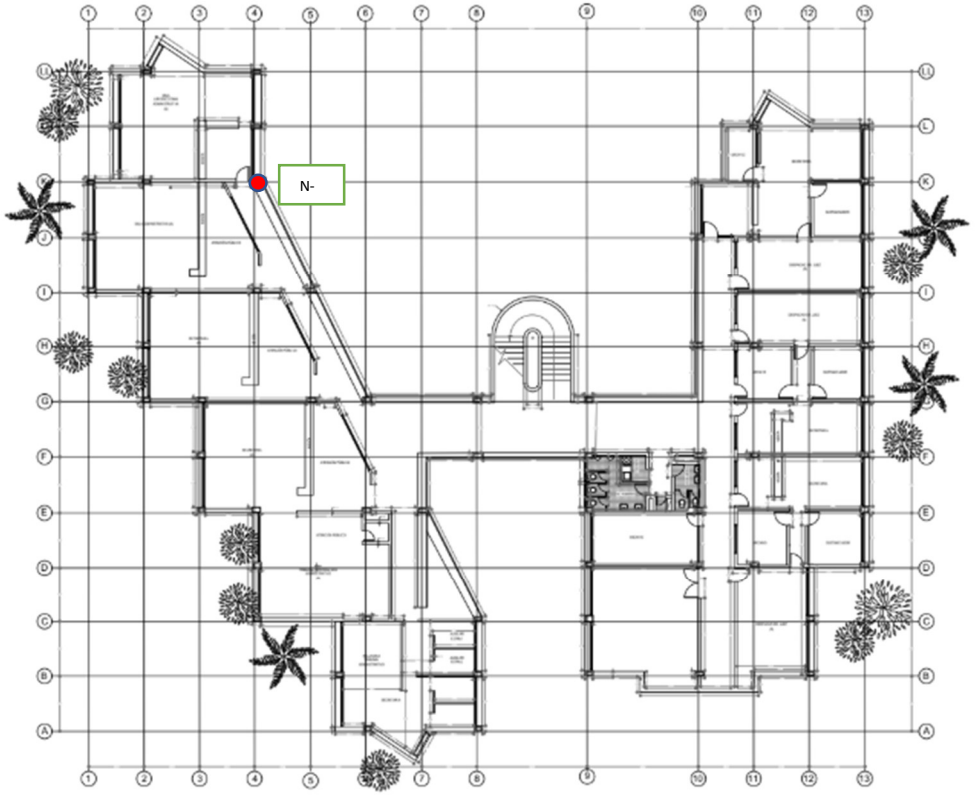
SEGUNDO PISO TORRE B

TORRE B PISO 3



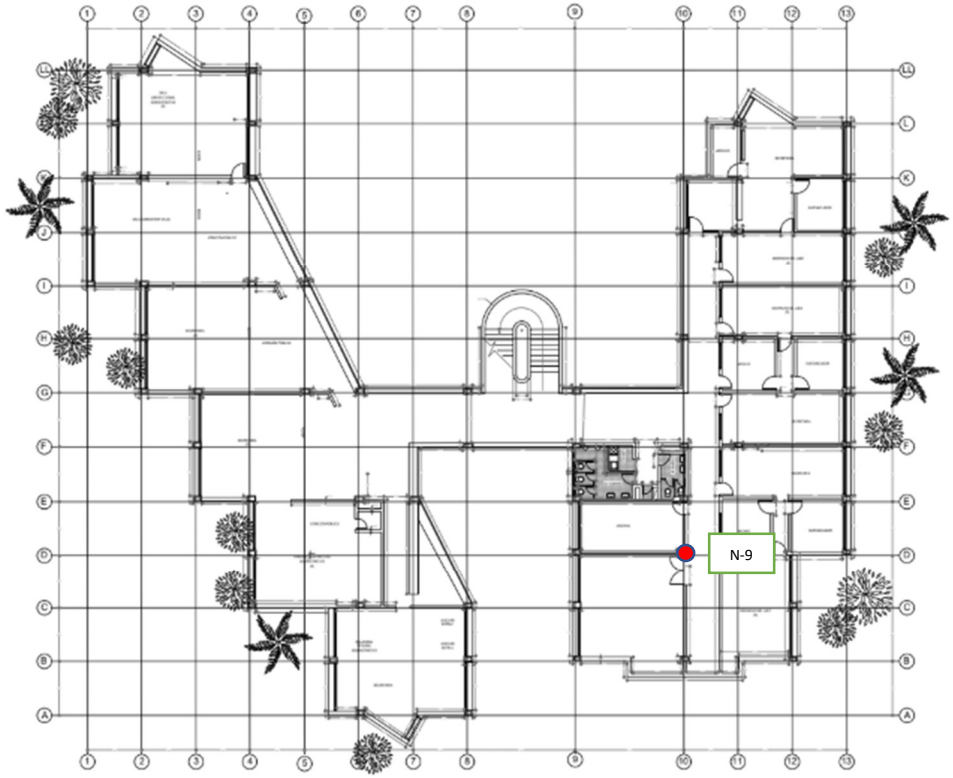
TERCER PISO TORRE B

TORRE B PISO 4



CUARTO PISO TORRE B

TORRE B PISO 5



QUINTO PISO TORRE B

D. ANÁLISIS ESTADÍSTICO APLICACIÓN NTC 2275 PARA LA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA DE CONCRETO.

La Norma Técnica Colombiana 2275 establece los procedimientos y criterios para la evaluación de resultados de ensayos de resistencia del concreto en laboratorio. Esta norma es de gran importancia para la industria de la construcción ya que garantiza la calidad y precisión de los resultados de ensayo del concreto, lo que a su vez asegura la seguridad y durabilidad de las estructuras construidas con este material, para el caso se toman estos criterios para definir la resistencia promedio característica f'cr Obtenida de ensayos y se realiza un análisis estadístico para obtener los parámetros de dispersión como la desviación estándar S y con esos dos parámetros se obtenga una resistencia a compresión para cada unidad estructural con la confianza requerida para el análisis teniendo una probabilidad de resistencias inferiores del 15.9%. Siguiendo la ecuación f'c=fcr-t.S.

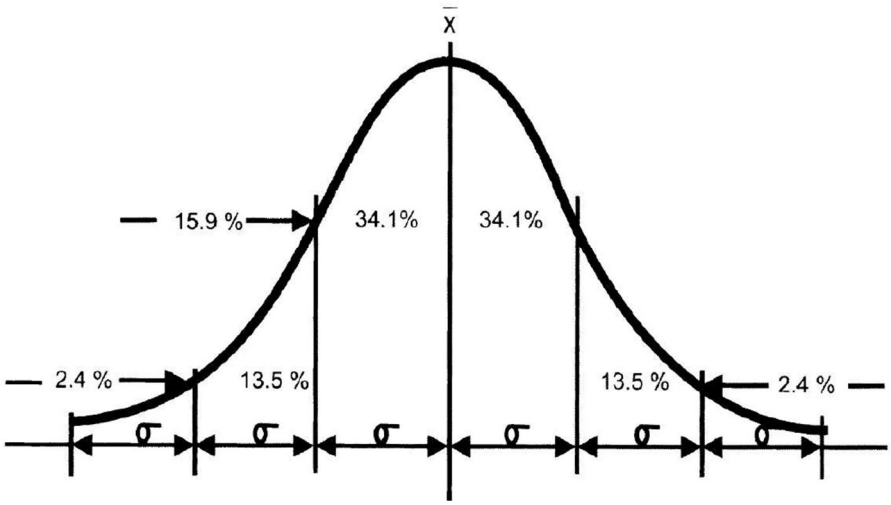


Ilustración 20.División aproximada del área bajo la curva de distribución normal de frecuencia y valores de confiabilidad (fuente IMCYC-ACI-214).

Además, la norma establece los criterios para la aceptación o rechazo de los resultados de ensayo, lo que permite una toma de decisiones informada en cuanto a la precisión obtenida de calidad del concreto utilizado en una construcción.

En el anexo A se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio de los núcleos a compresión.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de datos de la edificación en estudio.

E.I.E. Echeverry Ingeniería y Ensayos S.A.S.

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
09-LAB-017

Laboratorio de Control de Calidad

Dirección: Calle 245 N 7-25
Teléfonos: (601) 7435529 - 3112088197
Bogotá, D.C. - Colombia

CALIDAD QUE GENERA CONFIANZA

INFORME DE ENSAYO
MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO ASERRADAS (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS)

Norma	Control de documentos	Revisión No.	12
NTC 3658:2018	EIE-F-03-68	Fecha de edición:	2023-01-19

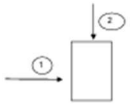
Compañía:	QATRO S.A.S.			Consecutivo Informe:	
Dirección:	Carrera 55 No. 152B - 68, Edificio Empresarial Maz, Ofc. 705	Orden trabajo No.	6884	EIE-INF/LAB-025-2169	
Obra:	CSJ VILLAVICENCIO	Fecha de entrada:	2025-12-04	Hora inicial:	13:45:00 p. m.
Atención:	Ing. Javier Mora Daza	Fecha de ensayo:	2025-12-09	Hora final:	15:20:00 p. m.

Muestra No.	Localización	Fecha de obtención AAAA-MM-DD	Hora de obtención hh:min	Diam. mm	Altura mm	Masa kg	Área de carga cm^2	Altura Refrentada (mm)	Relación A/D	Densidad kg/m^3	Carga máx. N.	Esfuerzo máximo MPa	Factor de corrección	Esfuerzo corregido MPa	Esfuerzo corregido kg/cm^2	Caso	Tipo de falla	Observaciones
12072	BL-8-P3 N-4C	2025-12-02		69.2	140.3	1.204	37.61		2.03	2283	73900	19.6	1.00	19.6	200.4	II	3	-
12073	BL-8-P2 N-6C	2025-12-02		69.2	141.1	1.202	37.61		2.04	2265	93900	25.0	1.00	25.0	254.6	II	3	-
12074	BL-8-P1 N-8	2025-12-02		69.2	140.1	1.206	37.56		2.03	2292	75300	20.1	1.00	20.1	204.5	II	3	-
12075	BL-A-P3 N-3	2025-12-02		69.1	139.6	1.193	37.50		2.02	2279	55600	14.8	1.00	14.8	151.2	II	2	-
12076	BL-A-P2 N-4	2025-12-02		69.1	140.5	1.229	37.50		2.03	2333	103700	27.7	1.00	27.7	282.0	II	4	-
12077	BL-A-P1 N-5	2025-12-02		69.2	141.1	1.148	37.56		2.04	2166	80000	21.3	1.00	21.3	217.2	II	2	-
12078	RAMPA N-6V	2025-12-02		69.0	122.9	1.036	37.39		1.78	2254	70900	19.0	1.00	19.0	193.3	II	3	-
12079	BL-A-P5 N-1	2025-12-02		69.2	131.3	1.116	37.61		1.90	2260	72000	19.1	1.00	19.1	195.2	II	4	-
12080	BL-A-P4 N-2	2025-12-02		69.1	114.3	0.957	37.50		1.65	2233	55300	14.7	0.97	14.3	146.2	II	3	-
12081	ASC-BL-8 N-V	2025-12-02		68.7	138.3	1.193	37.01		2.01	2330	96400	26.0	1.00	26.0	265.6	II	4	-
12082	BL-8 S-1	2025-12-02		69.1	143.1	1.229	37.50		2.07	2290	70500	18.8	1.00	18.8	191.7	II	3	-
12083	BL-8-S N-2	2025-12-02		69.1	140.8	1.235	37.50		2.04	2339	58800	15.7	1.00	15.7	159.9	II	4	-
12084	BL-8-S N-V	2025-12-02		69.0	141.0	1.178	37.34		2.04	2238	53800	14.4	1.00	14.4	146.9	II	2	-
12085	BL-8-P5 N-9	2025-12-02		69.1	142.6	1.240	37.50		2.06	2319	68400	18.2	1.00	18.2	186.0	II	2	-
12086	BL-8-P4 N-3	2025-12-02		69.2	140.3	1.204	37.61		2.03	2282	84700	22.5	1.00	22.5	229.6	II	3	-
													PROMEDIO:					

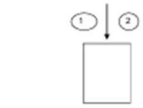
TIPOS DE FALLA



CASO I



CASO II



Aplicación de la carga:	1) Dirección de colocación del concreto	2) Dirección de la aplicación de la carga

Condición de humedad: Seco X Húmedo
Historial de acondicionamiento de humedad: Bolsa sellada Contenedor no absorbente
Tamaño máximo nominal del agregado en mm:
Condiciones ambientales: 21.4°C 56.0%HR

OBSERVACIONES:

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	DIGITÓ	ABROBÓ	
2025-12-15	Camilo Medina	Ing. Emerson Cordoba	
	Auxiliar de Ingeniería	Ingeniero Técnico	FIRMA Y SELLO

Ilustración 21.Resultados muestras a compresión

El promedio de las muestras de concreto presentan una resistencia de **19.8MPa** los cuales son valores relativamente bajos y presentan una alta variabilidad de lo cual se infiere que el concreto de diseño es de **21MP**a.

E. ENSAYO DE CARBONATACIÓN

El avance de carbonatación se produce por la presencia de dióxido de carbono en el ambiente circundante a la estructura, produciendo carbonato de calcio (CaCO3), el cual a su vez baja el pH y produce corrosión en la armadura. Teniendo en cuenta que en las ciudades hay una mayor concentración en el aire de CO2, debido a la polución producida por los automóviles, entre otros factores. Se evaluarán las diferentes estructuras a partir del ensayo de fenolftaleína para que de manera visual se identifique la presencia de carbonatación en la estructura.

Existen varias soluciones para reparar los efectos de la carbonatación entre ellos “la protección catódica (PC) si el daño por corrosión es severo. Sin embargo, esta es una opción costosa y requiere la continuidad eléctrica del refuerzo, así como también costos sustanciales para el mantenimiento progresivo. Con frecuencia, la opción más factible es reparar y proteger el concreto.

La carbonatación en muy fácil de identificar basta con aplicar una solución de fenolftaleína con una concentración de 1-2% diluida en alcohol, teniendo así que el concreto cambiará de matiz en donde no hay presencia de carbonatación, es decir, donde el concreto cambie a un color rosado es que no hay presencia de carbonatación en el concreto, y en donde no haya cambio se concluirá que este problema ya está avanzando por el concreto. Teniendo en cuenta el área en el cual se realiza la prueba, se podría definir qué tan avanzado está el proceso de carbonatación, en donde se estimula el porcentaje de área afectada y se compara con la total, para definir el porcentaje afectado por carbonatación.

La carbonatación, no es solo por acción del CO2 ambiental, sino también las características de la construcción en sí que afectan en primera instancia que tan fuerte es la estructura por soportar este efecto, como son la porosidad, la calidad y cantidad del cemento, el nivel de compactación, el tipo y los tiempos de curado y la relación agua-cemento. Por lo que es importante tener una buena mezcla y colocación del concreto en la etapa constructiva, ya que, si se generan grietas en el fraguado y no se corrigen, pueden hacer que la carbonatación sea mucho más rápida y temprana.

Las profundidades de carbonatación consideradas a lo largo de la vida útil de las estructuras no comprometen su durabilidad mientras no alcance la armadura, lo cual se garantiza siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos establecidos por la norma legal vigente. De hecho, la carbonatación puede incluso resultar beneficiosa desde el punto de vista de la resistencia a tracción y a compresión del concreto y, por supuesto, desde el punto de vista de la capacidad de recombinar CO2.

Este efecto ha sido estudiado, en relación con la profundidad de carbonatación, de estos se han desarrollados diversos modelos matemáticos y experimentales, con el fin de predecir este avance de carbonatación en las estructuras de concreto en función de muchas variables que condicionan este proceso.

La determinación de la profundidad de carbonatación en elementos estructurales de concreto es un ensayo crucial para evaluar el deterioro y corrosión potencial del acero de refuerzo, particularmente en edificaciones con acabados en fachada, cielo rasos y pisos que no deben ser afectados. Este ensayo complementa el conjunto de auscultaciones y otras pruebas estructurales para un diagnóstico completo y la toma de decisiones en mantenimiento o rehabilitación.

Metodología paso a paso

1. Preparación del área
   - Selección de áreas representativas y visibles del elemento estructural.
   - Limpieza cuidadosa de la superficie para eliminar polvo y contaminantes, preferiblemente con métodos húmedos para evitar polvo en suspensión.
   - Señalización y restricción de acceso para proteger al personal y usuarios.
2. Extracción de muestras o taladros
   - Realización de pequeñas extracciones o perforaciones controladas para obtener especímenes de concreto o crear orificios para aplicación del indicador.
   - Protección de acabados con cubiertas temporales para evitar daños.
3. Aplicación del indicador de pH (fenolftaleína)
   - Aplicación inmediata del reactivo sobre la superficie fresca del concreto o las muestras.
   - La fenolftaleína cambia de color según el pH, indicador claro de la carbonatación: zonas no carbonatadas se tornan púrpura, mientras que las carbonatadas permanecen incoloras.
4. Medición y registro
   - Medición de la profundidad de la carbonatación desde la superficie hasta la zona donde cambia el color del reactivo, usando una regla milimetrada o calibrador (en milímetros).
   - En casos de frentes irregulares, registrar profundidad media, máxima y mínima.
5. Control de impactos y ambiente
   - Gestión del polvo generado con humidificación activa y barreras físicas.

- Evitar acumulación de agua o charcos mediante drenajes provisionales o absorbentes.
- Minimización de ruido durante la extracción con herramientas adecuadas y horarios controlados.
- Restringir acceso a la zona para evitar accidentes y preservar evidencia.

6. Informe y análisis

- Documentar el proceso, áreas evaluadas, resultados y correlación con otros ensayos y auscultaciones realizadas (velocidad ultrasónica, detección de refuerzos, etc.).
- Expresar resultados en unidades métricas (milímetros) para precisión y estandarización.

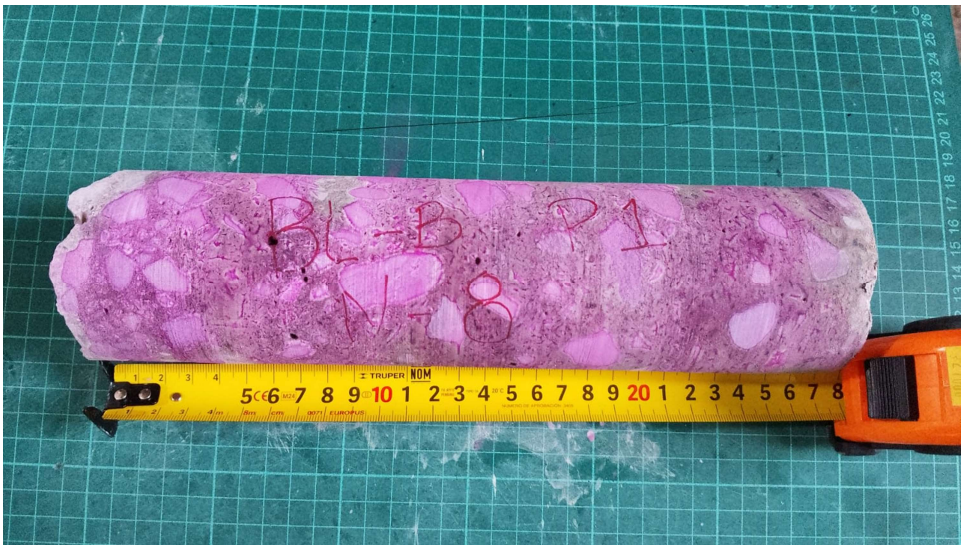


Ilustración 22. Procedimiento de Ensayo de carbonatación.

Tabla de análisis de tasa de perfil carbonatación encontrado bloque A.

(ID)	PROFUNDIDAD (mm)	VETUSTEZ (Años)	K (mm/año)
N°1	2	40	0,32
N°2	20	40	3,16
N°3	0	40	0,00
N°4	5	40	0,79
N°5	30	40	4,74
N°6	20	40	3,16
N°7	30	40	4,74
N°8	25	40	3,95
PERFIL PROMEDIO CARBONATACIÓN (mm/año)			**2,42**

Tabla de análisis de tasa de perfil carbonatación encontrado bloque B.

(ID)	PROFUNDIDAD (mm)	VETUSTEZ (Años)	K (mm/año)
N°1	0	40	0,00
N°2	4	40	0,63
N°3	5	40	0,79
N°4	0	40	0,00
N°5	10	40	1,58
PERFIL PROMEDIO CARBONATACIÓN (mm/año)			**0,60**

Tabla de análisis de tasa de perfil carbonatación encontrado rampa exteriores.

RAD. EXTRAC. NÚCLEOS	PALACIO DE JUSTICIA
AÑO DE EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA	2025

(ID)	PROFUNDIDAD (mm)	VETUSTEZ (Años)	K (mm/año)
RAMPA	20	30	3,65
RAMPA	25	30	4,56
PERFIL PROMEDIO CARBONATACIÓN (mm/año)			**4,11**

Las estructuras no presentan perfiles de carbonatación altos salvo en los elementos exteriores.

F. RESISTENCIA SUPERFICIAL APARENTE MEDIANTE MARTILLO DE IMPACTO SCHMIDT (ESCLEROMETRO) SEGÚN NTC 3692.

El ensayo de resistencia superficial en elementos de concreto mediante el índice de rebote de un martillo de Schmidt (esclerómetro) es un método no destructivo utilizado para estimar la resistencia a la compresión del concreto in situ. A continuación, se describe la metodología detallada para realizar este ensayo:

1. 1. Preparación Previa

- Selección de Lugares de Muestreo:
- Ubicación: Elegir varias áreas representativas de la estructura de concreto. Evitar zonas con agregados grandes, huecos visibles o defectos superficiales.
- Cantidad: Seleccionar al menos 10 puntos de prueba por área de ensayo para obtener un promedio representativo.

2. Preparación de la Superficie

Limpieza de la Superficie:

- Eliminar Impurezas: Limpiar la superficie del concreto donde se realizará el ensayo, eliminando polvo, suciedad, pinturas, recubrimientos y cualquier otro material extraño.
- Alisado: Si es necesario, alisar la superficie con una piedra de carborundo o una lija para asegurar un contacto uniforme del martillo de Schmidt.

3. Calibración del Martillo de Schmidt

- Verificación del Equipo:
- Estado del Martillo: Asegurarse de que el martillo de Schmidt esté en buen estado de funcionamiento y calibrado según las especificaciones del fabricante.
- Calibración: Realizar una prueba de calibración en el yunque de referencia para verificar la precisión del instrumento.

4. Procedimiento del Ensayo

- Realización del Ensayo:
- Posición del Martillo: Sostener el martillo de Schmidt perpendicular a la superficie del concreto.
- Aplicación del Ensayo: Presionar el martillo contra la superficie hasta que el émbolo golpee y se registre el índice de rebote. Asegurarse de que el martillo se mantenga en posición fija y perpendicular durante la prueba.
- Registro de Datos: Anotar el índice de rebote obtenido. Realizar al menos 10 mediciones en cada área de ensayo y registrar cada valor.

5. Análisis de Resultados

- Interpretación de Datos:
- Promedio y Desviación Estándar: Calcular el valor promedio de los índices de rebote obtenidos en cada área y su desviación estándar.
- Conversión a Resistencia a la Compresión: Utilizar las curvas de correlación proporcionadas por el fabricante del martillo de Schmidt para convertir el índice de rebote promedio en una estimación de la resistencia a la compresión del concreto.

6. Reporte de Resultados

Elaboración un informe que incluya:

- Descripción de la estructura y las áreas ensayadas.
- Condiciones ambientales durante el ensayo.
- Métodos y procedimientos utilizados.
- Valores individuales de los índices de rebote y el promedio calculado.
- Curvas de correlación utilizadas y la estimación de la resistencia a la compresión.

7. Consideraciones Adicionales

Factores de Corrección:

- Condiciones Superficiales: Tener en cuenta que la humedad, la carbonatación, el tipo de agregado y la textura de la superficie pueden afectar los resultados del ensayo. Aplicar factores de corrección si es necesario.
- Limitaciones del Método: Reconocer que el ensayo proporciona una estimación indirecta de la resistencia a la compresión y puede necesitar complementarse con otros ensayos destructivos o no destructivos para obtener una evaluación más completa.

Seguridad y Precauciones

- Seguridad del Operador:
- EPP: Utilizar equipo de protección personal adecuado, como guantes, gafas de seguridad y casco, durante la realización del ensayo.
- Precisión en la Realización: Asegurarse de que el martillo de Schmidt se use correctamente y según las instrucciones del fabricante para evitar mediciones erróneas.



Ilustración 23. Procedimiento para ensayo de esclerometría a contrapunta en columna. (Fuente: Propia



Ilustración 24. Procedimiento para ensayo de esclerometría a contrapunta en columna. (Fuente: Propia



Ilustración 25. Procedimiento para ensayo de esclerometría.
(Fuente: Propia)

I. RESUMEN DE RESULTADOS ESCLEROMETRIAS

T =	26,0°C	CSJ VILLAVICENCIO																									
W=	76,00%																										
	CARACTERIZACIÓN					REGISTRO DE REBOTES											CARBONATACIÓN					CORRECCIÓN		PERFIL DE CARBONATACION		RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN APARENTE	
ENSAYO N°	ESCLEROMETRIA	UBICACIÓN	ELEMENTO	NIVEL	POSICIÓN	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	PC1	PC2	PC3	PC4	MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO	FACCTOR CORRECCION	MPA	PSI
1	ESC-1	TORRE B	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	42	44	38	38	40	40	40	42	38	40	40	38	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
2	ESC-2	TORRE B	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	30	32	36	36	38	35	38	40	36	38	32	34	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	19,20	2742,86
3	ESC-3	TORRE B	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	36	36	40	36	42	38	36	36	44	38	42	45	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	23,70	3385,71
4	ESC-4	TORRE A	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	36	34	38	30	32	40	30	34	32	40	34	40	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	19,20	2742,86
5	ESC-5	TORRE A	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	38	36	38	36	36	38	40	40	38	36	38	36	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	22,50	3214,29
6	ESC-6	TORRE A	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	40	40	38	42	41	38	44	42	40	40	42	38	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
7	ESC-7	TORRE A	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	42	40	38	40	38	34	36	34	36	32	38	34	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	21,30	3042,86
8	ESC-8	TORRE A	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	42	40	42	36	44	42	39	40	42	46	38	46	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	26,20	3742,86
9	ESC-9	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	44	42	42	36	38	44	38	44	48	44	45	44	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	27,50	3928,57
10	ESC-10	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	44	36	38	36	44	38	36	46	38	40	42	38	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
11	ESC-11	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	52	46	48	54	54	44	50	50	46	48	48	50	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	37,50	5357,14
12	ESC-12	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	34	32	30	36	34	36	36	36	36	40	34	36	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	19,20	2742,86
13	ESC-13	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	42	40	40	38	42	38	40	40	38	38	34	38	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	23,70	3385,71
14	ESC-14	TORRE A	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	38	40	42	38	36	40	40	40	39	42	40	42	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
15	ESC-15	TORRE A	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	42	45	46	44	44	40	38	36	38	38	40	34	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
16	ESC-16	RAMPA	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	42	42	40	40	42	38	42	42	40	38	44	38	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	26,20	3742,86
17	ESC-17	RAMPA	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	38	44	48	42	38	42	44	44	42	48	38	44	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	28,60	4085,71
18	ESC-18	RAMPA	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	44	44	38	44	38	38	39	45	38	38	36	40	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
19	ESC-19	PARQUEADERO	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	50	45	45	50	42	43	45	50	42	44	45	48	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	33,10	4728,57
20	ESC-20	PARQUEADERO	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	40	38	38	38	42	38	42	38	45	40	38	40	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	25,00	3571,43
21	ESC-21	PARQUEADERO	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	42	40	42	42	40	44	42	44	42	42	40	42	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	27,50	3928,57
22	ESC-22	TORRE B	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	44	44	42	42	40	40	44	44	44	42	42	40	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	27,50	3928,57
23	ESC-23	TORRE B	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	40	40	48	44	40	48	50	44	44	48	50	44	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	31,30	4471,43
24	ESC-24	TORRE B	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	44	42	52	42	44	42	48	52	44	40	50	48	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	33,10	4728,57
25	ESC-25	TORRE B	COLUMNA	P3	HORIZONTAL	45	52	44	44	46	52	44	44	45	45	52	50	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	34,50	4928,57
26	ESC-26	TORRE B	COLUMNA	P2	HORIZONTAL	32	30	30	36	34	34	32	34	34	34	30	36	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	17,40	2485,71
27	ESC-27	TORRE B	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	38	32	38	42	32	38	38	34	30	38	36	40	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	20,20	2885,71
28	ESC-28	TORRE B	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	42	42	38	36	40	36	36	36	40	36	38	35	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	22,50	3214,29
29	ESC-29	TORRE B	COLUMNA	P5	HORIZONTAL	40	38	44	40	41	44	42	38	44	40	42	42	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	26,20	3742,86
30	ESC-30	TORRE B	COLUMNA	P4	HORIZONTAL	44	50	47	44	40	52	40	52	48	42	40	50	6	6	6	6	OK NO CORREGIR	OK NO CORREGIR	6,0	14	33,10	4728,57

II. ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS ESCLEROMETRIAS.

ANALISIS	RESISTENCIA MPA
PROMEDIO	25.87
DESV ESTAND (*S*)	2.64
DESV ESTAND CORREGIDA (Ss)	**2.64**
VARIANZA	24.40
COEFICIENTE DE VARIACIÓN	**10.2%**
VALOR MAX	37.50
VALOR MIN	17.40
LIMITE MAX	28.51
LIMITE MIN	**23.24**

Ilustración 26. Parámetros estadísticos

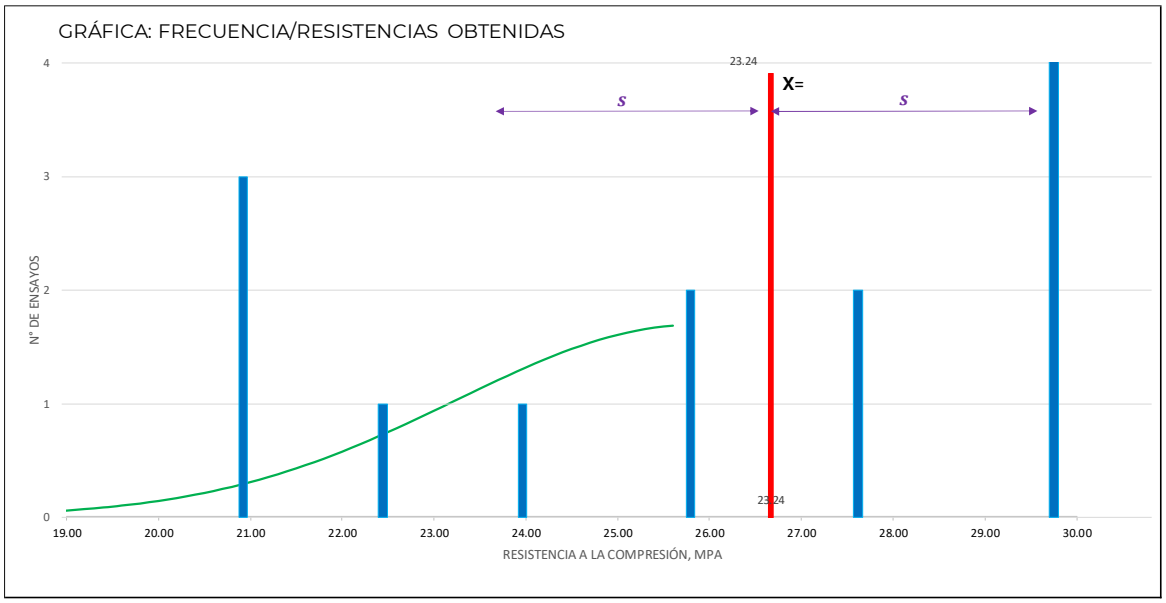


Ilustración 27. Grafica de distribución de resistencias aparentes.

Teniendo en cuenta el comportamiento estocástico de la materialidad se concluye que estadísticamente el valor característico para la resistencia confluye al analizado en los resultados destructivos como no destructivos a **21MPa** con un nivel de confiabilidad apropiado.

G. AUSCULTACIÓN Y REGATAS PARA INSPECCIÓN DIRECTA DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES, INCLUYE REPARACIÓN DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL.

Para determinar el estado y composición de los elementos estructurales de un edificio. Este método consiste en realizar aperturas controladas en diferentes partes de la construcción, lo que permite inspeccionar visualmente y tomar muestras de los materiales sin necesidad de demoliciones extensas. Las calas son esenciales para diagnosticar problemas como la humedad, fisuras, corrosión de armaduras, y otros deterioros que pueden comprometer la integridad del edificio.

El procedimiento de las calas exploratívas se realiza de manera cuidadosa para minimizar daños adicionales y preservar la mayor cantidad de información posible. Los técnicos seleccionan estratégicamente los puntos donde se realizarán las calas, basándose en síntomas visibles o sospechas de defectos ocultos. Durante la intervención, se documenta cada etapa con fotografías, descripciones detalladas y análisis de las muestras recolectadas. Esta documentación es crucial para entender la extensión del problema y determinar las causas subyacentes, permitiendo así diseñar un plan de rehabilitación adecuado y eficiente.

Finalmente, el análisis de las calas exploratívas proporciona datos que son relevantes para la toma de decisiones. A través de estos datos, se pueden identificar los materiales originales, las técnicas constructivas empleadas y las posibles modificaciones realizadas a lo largo del tiempo.

A continuación, se describe una metodología detallada para llevar a cabo esta tarea de manera segura y eficiente.

La realización de calas exploratívas en elementos de concreto reforzado es una técnica invasiva utilizada para inspeccionar y evaluar el estado de las armaduras, la calidad del concreto, y otras características internas de la estructura. A continuación, se describe una metodología detallada para llevar a cabo esta tarea de manera segura y eficiente.

1. Planificación y Preparación

- Selección de Lugares de Muestreo:
- Ubicación: Seleccionar áreas representativas de la estructura. Evitar zonas con servicios embebidos (tuberías, cables eléctricos, etc.) y áreas críticas que podrían comprometer la integridad estructural.
- Cantidad y Tamaño: Determinar la cantidad y tamaño de las calas en función de los objetivos del estudio y las características de la estructura.

- Revisión de Documentación:
- Planos y Especificaciones: Revisar los planos estructurales y cualquier otra documentación relevante para identificar la ubicación de las armaduras y otros elementos importantes.

2. Preparación del Equipo y Herramientas

- Herramientas Necesarias:
- Herramientas de Corte: Cortadora de concreto con discos de diamante.
- Herramientas Manuales: Martillos, cinceles, barras de uña y escobillas de alambre.
- Equipos de Medición: Detector de armaduras (pacómetro), cámara de inspección, medidor de recubrimiento.
- Equipo de Protección Personal (EPP):
- Seguridad del Operador: Casco, gafas de seguridad, guantes, protección auditiva y mascarillas contra el polvo.

3. Procedimiento de Realización de Calas

Marcado y Delimitación:

- Marcar la Cava: Delimitar el área de la cala con tiza o marcadores, asegurando que la zona esté claramente definida.
- Verificación de Servicios: Utilizar un detector de armaduras y un detector de servicios embebidos para confirmar la ausencia de tuberías, cables u otros elementos no estructurales.

Corte y Extracción del Concreto:

- Corte Inicial: Utilizar la cortadora de concreto para hacer cortes precisos alrededor del área delimitada. Realizar cortes perpendiculares y de profundidad controlada.
- Remoción del Concreto: Con martillos y cinceles, retirar cuidadosamente el concreto cortado para exponer las armaduras y otros elementos internos sin dañarlos.

Inspección Visual:

- Evaluación del Estado: Inspeccionar visualmente las armaduras expuestas, verificando la presencia de corrosión, daños o deformaciones. Examinar también la calidad del concreto circundante.
- Documentación: Tomar fotografías y registrar observaciones detalladas sobre el estado de las armaduras y el concreto.

4. Post-Extracción y Reparación

Limpieza del Área:

- Limpieza de Armaduras: Limpiar las armaduras expuestas utilizando escobillas de alambre para remover óxido y otros contaminantes.

- Mediciones Adicionales: Si es necesario, realizar mediciones adicionales como el espesor del recubrimiento de concreto, la separación de las armaduras, y la profundidad de la corrosión.

Reparación de la Cala:

- Preparación del Área: Limpiar y preparar la zona de la cala para la reparación, asegurándose de que esté libre de polvo y partículas sueltas.
- Aplicación de Material de Reparación: Aplicar materiales de reparación adecuados (mortero o concreto de reparación) para rellenar la cala. Asegurarse de que el material de reparación tenga propiedades similares al concreto original para mantener la integridad estructural.
- Curado: Seguir las recomendaciones del fabricante para el curado adecuado del material de reparación.

5. Reporte de Resultados

Documentación y Reporte:

- Informe Detallado: Elaborar un informe que incluya:
- Descripción de la estructura y las áreas donde se realizaron las calas.
- Condiciones observadas durante la inspección.
- Fotografías y diagramas.
- Resultados de las mediciones y pruebas adicionales.
- Recomendaciones para reparaciones o acciones correctivas adicionales si es necesario.



Ilustración 28. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. (Fuente: Propia)



Ilustración 29. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. No se observan lesiones en el acero (Fuente: Propia)



Ilustración 30. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo acero corrugado. (Fuente: Propia)



Ilustración 31. Procedimiento de Calas y/o Regatas para identificación de aceros de refuerzo. (Fuente: Propia)



Ilustración 32. Estado del acero de refuerzo.

H. DETERMINACIÓN DE LA POSICIÓN RELATIVA DEL REFUERZO Y DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES. POR MEDIO DE EQUIPOS FERROMAGNETICOS.

La determinación precisa de la posición relativa del refuerzo y del espesor del recubrimiento en elementos estructurales de concreto es fundamental para evaluar el estado y la seguridad de edificaciones existentes, especialmente cuando cuentan con acabados en fachada, cielo rasos y pisos. El uso de equipos ferromagnéticos, como el Ferroscan o pachómetros avanzados, permite llevar a cabo esta tarea de manera no destructiva, complementando la campaña de auscultaciones y otros ensayos para obtener un diagnóstico integral.

Metodología paso a paso

1. Preparación y planificación

   - Coordinar con el equipo de auscultación para definir las áreas y elementos estructurales a evaluar (columnas, vigas, losas).
   - Limpiar la superficie de los elementos para asegurar buen contacto de los equipos y evitar interferencias.
   - Señalizar y restringir el acceso a las áreas de trabajo para seguridad y minimizar interferencias.

2. Uso de equipos ferromagnéticos

   - Emplear equipos como Ferroscan PS-250, PS-200 o pachómetros digitales que operan mediante detección magnética.
   - Realizar barridos sistemáticos en la superficie del elemento estructural con un barrido en plano cartesiano para ubicar la posición de las armaduras.
   - La pantalla digital del equipo indicará la presencia, separación, diámetro y profundidad aproximada del refuerzo.

3. Determinación del recubrimiento y posición del refuerzo

   - Medir la distancia entre el acabado superficial y la armadura detectada, en unidades métricas (milímetros o centímetros).
   - Registrar diámetro y espaciamiento del acero para caracterizar completamente el refuerzo estructural.
   - Validar lecturas, realizando múltiples pasadas para mejorar la confiabilidad.

4. Control de impactos y ambiente

   - Minimizar generación de polvo al limpiar con métodos húmedos.
   - Controlar acumulación de agua evitando charcos, usando absorbentes o canaletas provisionales.

- Programar actividades para limitar ruido, usando equipos en condiciones óptimas y horarios adecuados.
- Gestionar restricciones de paso con señalización clara y cordones de seguridad.

5. Registro y análisis de resultados

- Documentar ubicación exacta, diámetro y recubrimiento medido para integrar con los resultados de otros ensayos de auscultación y pruebas estructurales.
- Generar informes que permitan tomar decisiones de mantenimiento o reforzamiento basados en datos precisos y no destructivos.



Ilustración 33. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan.(Fuente: Propia)



Ilustración 34. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan. (Fuente: Propia)

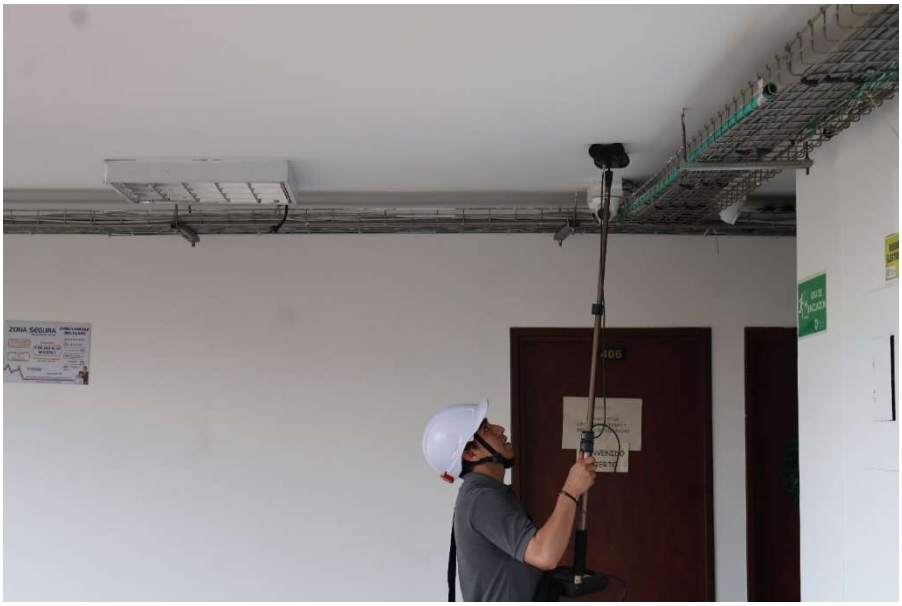


Ilustración 35. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan.
(Fuente: Propia)



Ilustración 36. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan elementos entrepiso.
(Fuente: Propia)



Ilustración 37. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan. (Fuente: Propia)

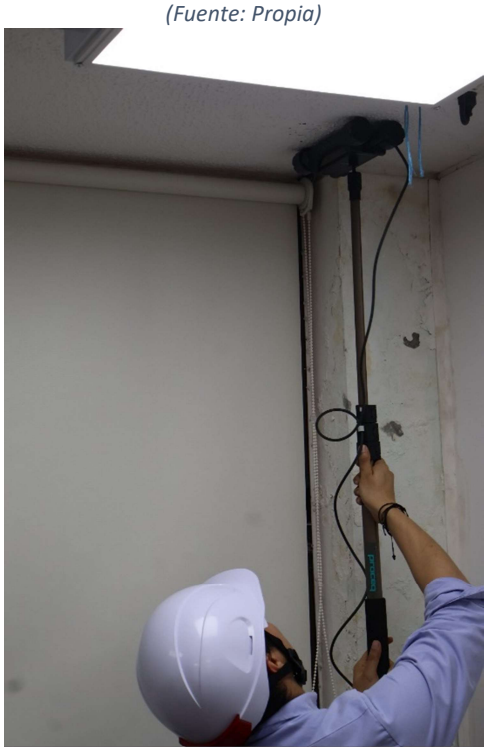


Ilustración 38. Procedimiento para detección de aceros de refuerzo con ferroscan.en nudos (Fuente: Propia)

I. RESUMEN DE RESULTADOS DE REGATAS DE ACERO E INTERPRETACIÓN IMÁGENES FERROMAGNETICAS

La interpretación de imágenes ferromagnéticas se presentan en el anexo 4

Es de tener en cuenta que en la especificación de diseño en la época era permisible usar acero liso con esfuerzo de fluencia de 240MPa para los estribos y refuerzo transversal adicionalmente para el refuerzo de la capa de compresión en losas aligeradas.

La especificación para el acero longitudinal principal puede inferir de 420MPa al ser un acero corrugado.

NORMATIVA POR EMPLEADA

NORMA	DESCRIPCIÓN
NSR-10	Norma sismo resistente colombiana del 2010
AIS-180	Requisitos de diseño sismo resistente para algunas estructuras diferentes a edificaciones
NTC 1000	Metrología. Sistema internacional de unidades SIU
NTC 1032	ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión
NTC 1377	Ingeniería civil y arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio
NTC 2871-99	Ingeniería civil y arquitectura. Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto a la flexión (utilizando una viga simple con carga en los tercios medios)
NTC 3353	Siderurgia. Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero
NTC 3353:2021	Definiciones y métodos para los ensayos mecánicos de productos de acero.
NTC 3357	Toma de temperatura del concreto
NTC 4025	Concretos. Método de ensayo apra determinar el modulo de elasticidad estático y la relación de POISSON en concreto a compresión
NTC 4026	Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural
NTC 4076	Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapas de concreto.
NTC 5551	Concretos. Durabilidad estructuras concreto
NTC 5806	Alambre de acero liso y grafilado y mallas electrosoldadas para refuerzo de concreto
NTC 673–2010	Ensayo a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
NTC 722	Concretos. Tensión indirecta
ACI 318-08	Requisitos de reglamento para concreto estructural
FEMA 310	Evaluación sísmica de edificaciones existentes

A continuación se desglosan los ensayos realizados en el anexo se desglosan los resultado de laboratorios obtenidos :

INVENTARIO Y CLASIFICACIÓN DE DAÑOS

ANALISIS DE LESIONES.

Las distorsiones geométricas verticales y horizontales en estructuras se refieren a irregularidades en la configuración o deformaciones que afectan la estabilidad y seguridad de edificaciones, especialmente bajo cargas sísmicas. A continuación, se detallan sus características, causas y efectos:

CONTROL DE FISURAS

Las fisuras y grietas en las estructuras edificadas son fenómenos comunes, pero su presencia y características varían según diversos factores. A continuación, se proporciona una comprensión de las fisuras y grietas en edificaciones, abordando su origen, clasificación y factores influyentes

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN:

FISURAS VS. GRIETAS:

Las fisuras se definen como aberturas lineales en la superficie de un material, mientras que las grietas son discontinuidades que involucran separación de las partes del material. Aunque los términos se usan a menudo de manera intercambiable, es esencial distinguir sus características.

CLASIFICACIÓN SEGÚN DIMENSIONES:

1. MICROFISURAS

Espesor: Menor a 0.1 mm.

Profundidad: Menor a 1 mm.

Nivel de Riesgo: Bajo, impacto mínimo en la integridad estructural.

2. FISURAS FINAS

Espesor: Entre 0.1 mm y 0.5 mm.

Profundidad: Entre 1 mm y 5 mm.

Nivel de Riesgo: Moderado, requiere supervisión y evaluación.

3. FISURAS MEDIANAS

Espesor: Entre 0.5 mm y 1 mm.

Profundidad: Entre 5 mm y 10 mm.

Nivel de Riesgo: Moderado a Alto, indicativo de posibles problemas estructurales.

4. GRIETAS

Espesor: Superior a 1 mm.

Profundidad: Mayor a 10 mm.

Nivel de Riesgo: Alto, se requiere evaluación inmediata y acción correctiva.

FACTORES INFLUYENTES

CAUSAS PRIMARIAS

Las fisuras pueden surgir debido a diversas razones, como cargas estructurales, deformaciones térmicas, retracción del concreto, asentamientos diferenciales y movimientos sísmicos. Identificar la causa subyacente es crucial para una evaluación precisa.

INFLUENCIA DEL MATERIAL

Las propiedades del material, como la resistencia, elasticidad y coeficiente de expansión térmica afectan la aparición y propagación de fisuras. La elección de materiales y métodos constructivos influye significativamente en la durabilidad de una estructura.

El registro de lesiones se puede encontrar en el anexo.

CAUSA DE LESIONES, DIAGNOSIS Y NOSOLOGÍA .

En la actualidad la estructura presenta evidencia de fenómenos que afectan su desempeño, por un lado se presentan humedades hacia el interior producto de diferentes ataques físicos por el agua las precipitaciones y condensación por equipos de aire acondicionado en fachada que al ser elementos que generan flujo constante generan un ataque directo sobre los muros y elementos de fachada.



Ilustración 39. Presencia de elementos y equipos de aire acondicionado que generan un ataque por humedad en fachada .

Así mismo y según lo evidenciado en el estudio de suelos el edificio se emplaza sobre estratos predominantemente arenosos, el edificio a pesar que presenta un comportamiento aceptable dentro de los parámetros del titulo H de NSR-10, y su suelo de fundación es relativamente adecuado con capacidades portantes adecuadas, presenta un potencial de colapsabilidad, (ver estudio geotécnico) esto quiere decir que ante la presencia de corrientes de agua subterránea o flujos subsuperficiales puede presentar fenómenos de socavación a manera de pequeños carcavamientos internos y por ende la perdida de la masa de soporte afectando la estabilidad de la cimentación, por ende es necesario mitigar esta situación.



Ilustración 40. Asentamiento presentado en la edificación fachada .



Ilustración 41. Inclinación presentado en la edificación.



Ilustración 42. Sobrecarga viva generada por almacenamiento de procesos judiciales se observan lesione en los elementos no estructurales posteiores..

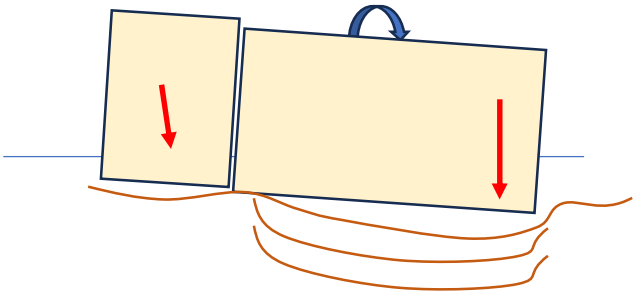


Ilustración 43. Descripción grafica del mecanismo de asentamiento global.

Teniendo en cuenta lo consignado en el estudio de suelos, se observa que al ser un suelo granular con presencia permanente de manto de agua libre cercana puede presentar fenómenos de colapsabilidad puntuales.



Ilustración 44. Lesión entre columnas por asentamiento.

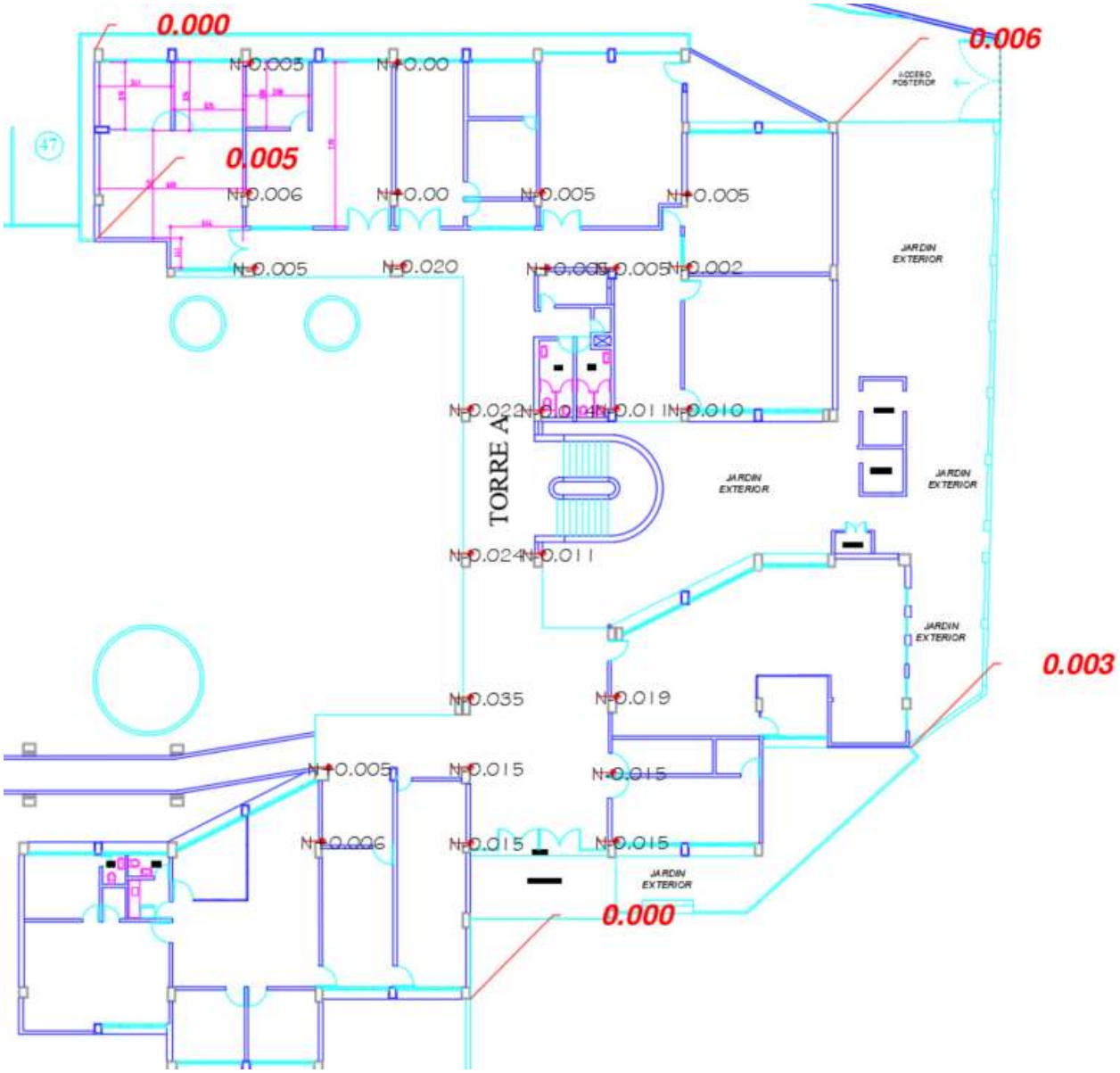


Ilustración 45. Nivelación y verticalidad torre A.

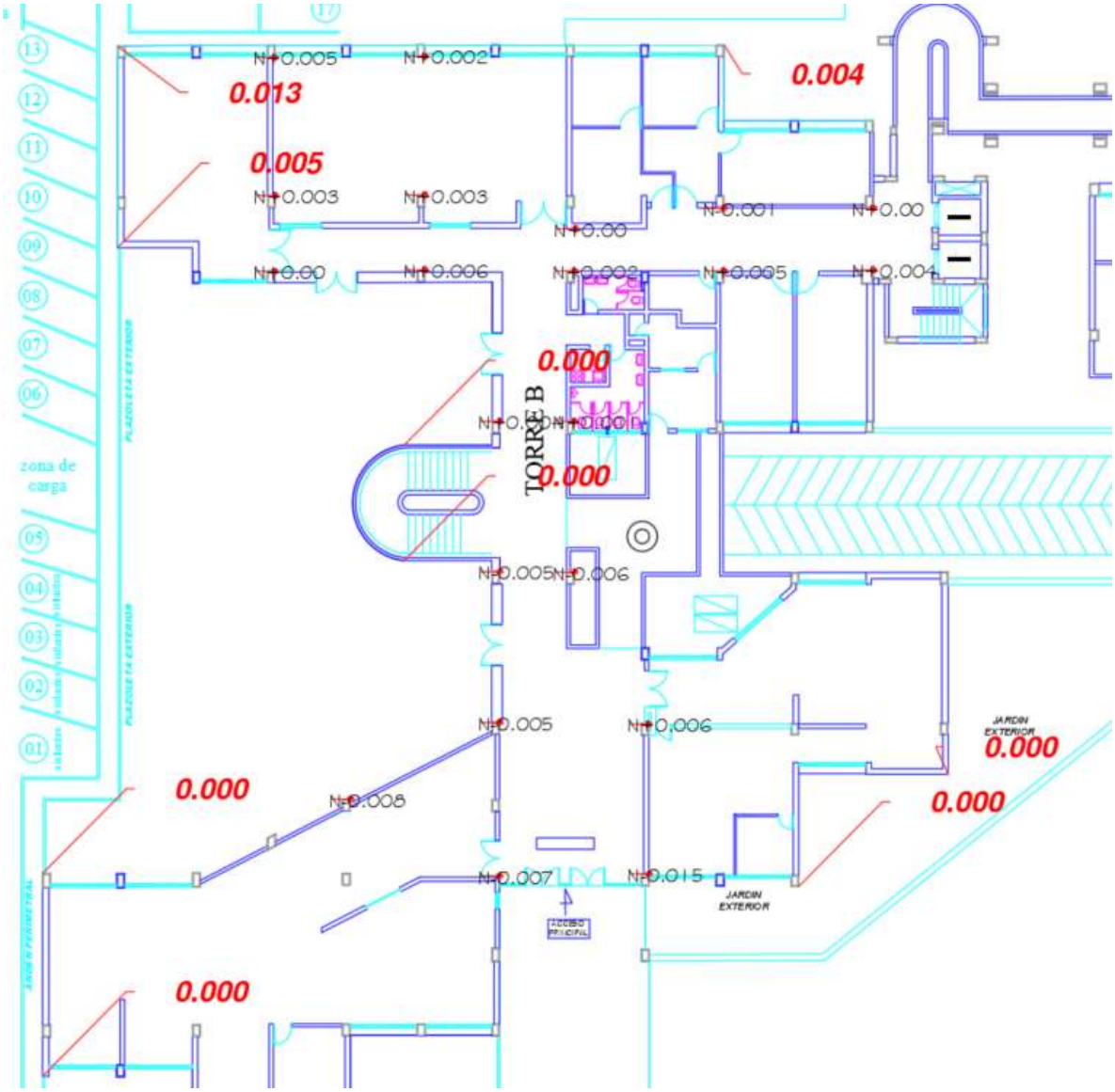


Ilustración 46. Nivelación y verticalidad torre B.

Como diagnosis adicional es la presencia general de lesiones por corrosión en la armadura de refuerzo puntual no generalizada del concreto y asentamiento diferencial incipiente.

La garantía de durabilidad general en una estructura de concreto reforzado se enmarca en la protección que da el recubrimiento, los modelos de vida útil residual y vida útil dependen del coeficiente de difusión de cloruros, sin embargo en este caso particular se presentan contenidos altos contenidos de cloruro de sodio y sulfatos de magnesio en la pasta del concreto, por lo cual se deduce que fue realizada con arena de playa, el ataque se focaliza en un agente interno en la masa del mismo concreto que genera corrosión en la armadura de refuerzo. Desde el punto de vista petrográfico la arena de playa no es un material apto y se ha perdido cualquier mecanismo de protección de la estructura.

Las lesiones principalmente obedecen a un proceso de corrosión del acero de refuerzo en algunos casos de categoría severa como se muestra a continuación el cual ya perdió su capa pasivadora.

Al tener la incubación del deterioro inicial de manera temprana el tiempo de servicio es reducido y al tener un ataque interno la propagación de daño es mayor porque no existe una barrera de protección contra los cloruros por lo cual el ataque es directo y por ende se ve comprometida la durabilidad

A continuación se presenta el mecanismo de ataque la cual es la fuente de generadora de la patología y manifestaciones presentadas:

Se presentan dos fuentes la primera el manto de agua libre en cimentación al estar contiguo al mar presenta una carga de cloruros importante, para la época en la que fue construida la edificación no existía la tecnología desarrollada de impermeabilización de mezclas de concreto, por ende el concreto de la zona de la edificación 1 presenta porosidad permitiendo el ascenso capilar del agua por la cimentación así como el transporte e incrustación del viento en la masa de concreto, estos cloruros con el tiempo hicieron romper la capa pasivadora del acero de refuerzo dando como resultado la corrosión presentada.

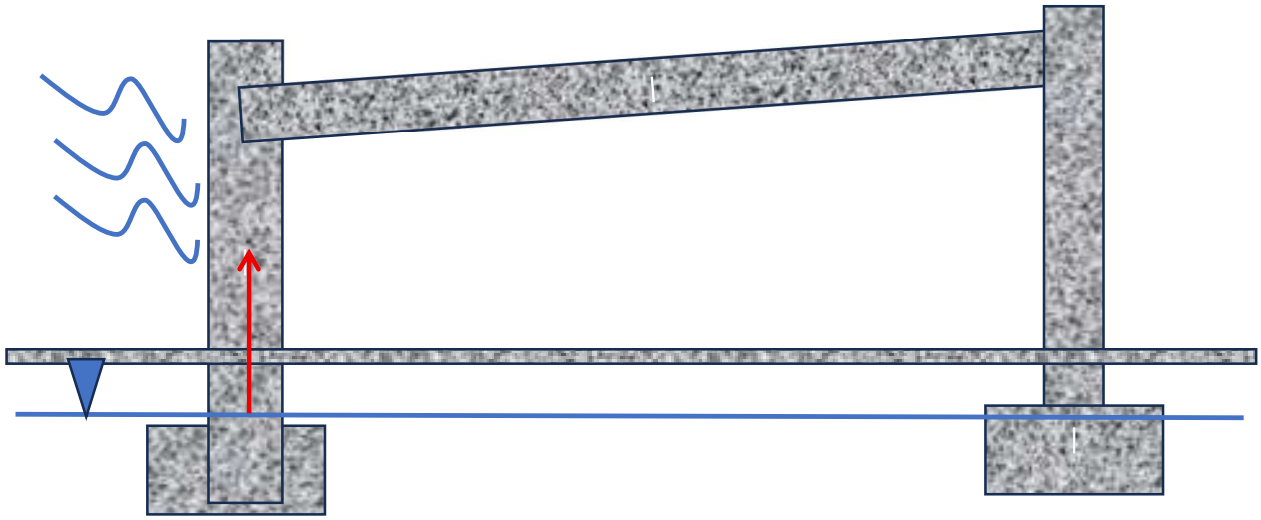


Ilustración 47. Mecanismo de ataque e incrustación de cloruro en la masa de concreto.

Al estar sometida a este ataque se propago y se ha perdido las características del acero y se cataloga dentro de una fase de daño y desempeño malo:

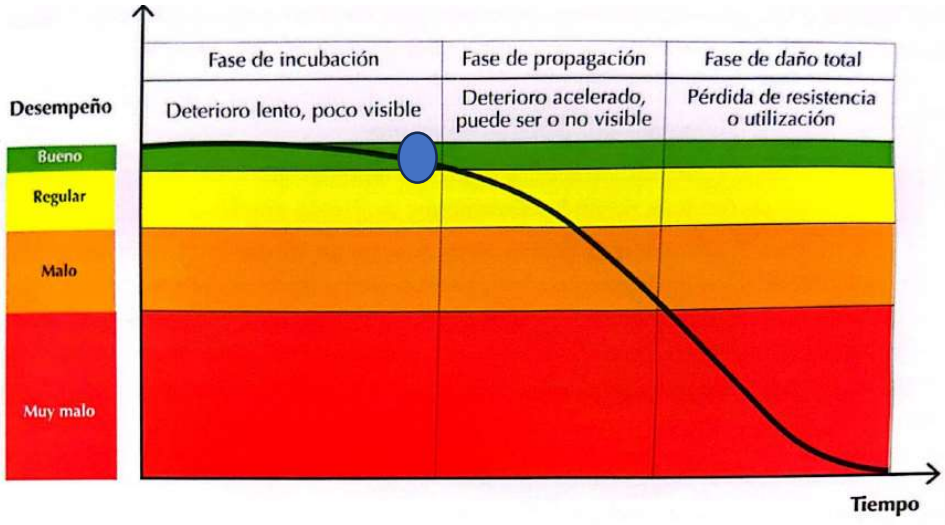


Ilustración 48. Localización de la fase actual de estado de la estructura desempeño malo.

El daño por corrosión como degradación de material a consecuencia de un ataque electroquímico de manera más puntual y general, puede entenderse como la tendencia

general que tienen los materiales metálicos a base de hierro a buscar su forma más estable o de menor energía interna.

Siempre que la corrosión esté originada por una reacción electroquímica (oxidación), la velocidad a la que tiene lugar dependerá en alguna medida de la temperatura, de la salinidad o acidez del fluido en contacto con el metal, el contacto con el oxígeno y el agua también dependerá de las propiedades de los metales que están incorporados en su aleación.

La corrosión puede ser mediante una reacción química (oxidorreducción) en la que intervienen tres factores principales: La composición o aleación de la pieza manufacturada de la estructura (Barras de Refuerzo). El ambiente donde se encuentre y el agua como elemento de degradación.

Por lo anterior se pueden producir dos tipos de corrosión, la corrosión química y la corrosión electroquímica, la primera "corrosión química" ocurre debido al ataque de sistemas no electrolíticos, como gases y vapores a temperaturas que impiden su condensación sobre la superficie metálica o por líquidos no conductores de la corriente eléctrica.

La segunda "corrosión electroquímica" es una reacción química que ocurre en un medio en la que hay transferencia de electrones y iones, este es el caso que ataña en el acero de refuerzo embebido en el concreto. La corrosión ocurre como resultado de la formación de una celda electroquímica como la que se aprecia a continuación

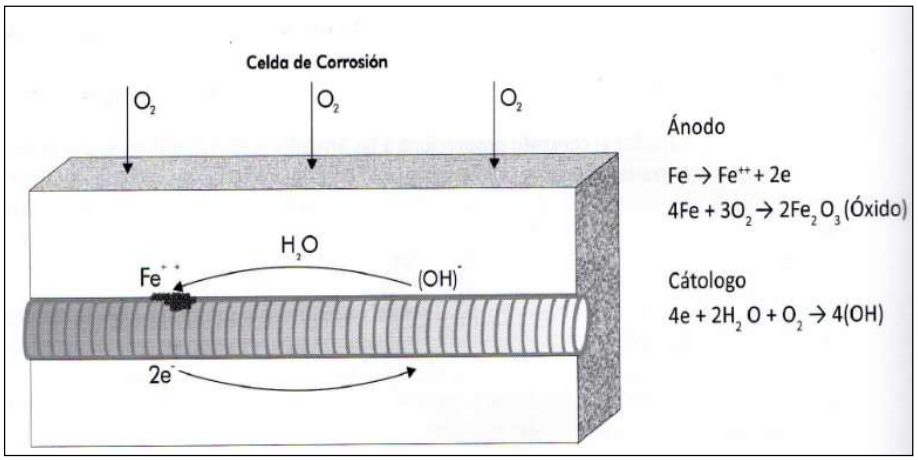


Ilustración 49. Celda electroquímica de corrosión de una barra de acero embebida en el concreto

El concreto en condiciones normales proporciona al acero embebido una protección adecuada contra la corrosión, el oxígeno presente en el concreto reacciona con el acero formando una capa fina de óxido sobre el material de la armadura el cual se conoce

como proceso de “Pasivación”, donde la película formada protege de cualquier efecto de corrosión posterior.

Por lo anterior se presenta a continuación las lesiones que actualmente tiene la estructura en cuanto a la corrosión del acero de refuerzo existente de la estructura, cabe destacar que en la inspección en sitio se detectó bajos recubrimientos en el acero y en sitios puntuales, pero en términos generales la estructura principal presenta adecuados recubrimientos, sin embargo, los problemas de corrosión presentados

El agua de mar contiene gran cantidad de sales disueltas como cloruro de sodio NaCl Cloruro de Magnesio MgCl2, sulfato de magnesio y de calcio, como consecuencia del ataque por sulfatos son la formación de etringita que genera el aumento del volumen sólido y aumento de la porosidad global y consecuentemente el descascaramiento del recubrimiento y perdida del área de acero efectiva.

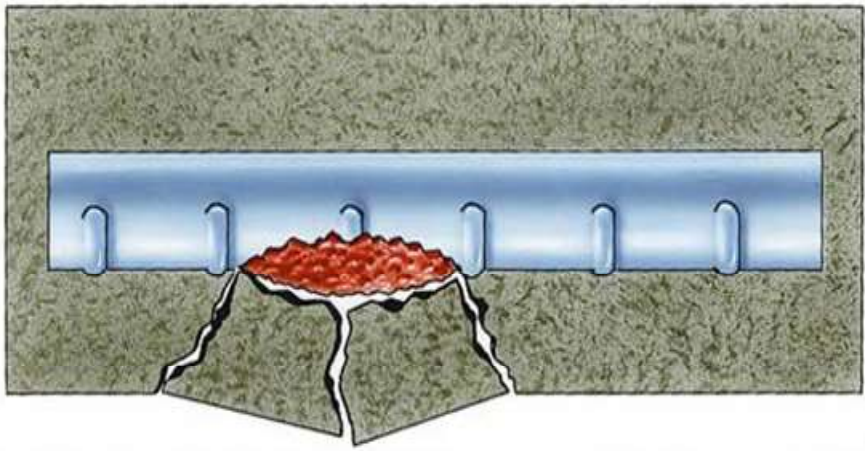


Ilustración 50. Esquema explicativo Perdida de sección bruta del acero y lesiones en la masa de concreto generando agrietamiento.



Ilustración 51. Porosidades y oquedades encontradas en la masa de concreto.



Ilustración 52. Ataque por corrosión en vigas.



Ilustración 53. Ataque por corrosión.



Ilustración 54. Desconchamiento por corrosión en armadura de viga.

La garantía de durabilidad general en una estructura de concreto reforzado se enmarca en la protección que da el recubrimiento, los modelos de vida útil residual y vida útil dependen

del coeficiente de difusión de cloruros, sin embargo en este caso particular se presentan bajos contenidos sulfatos de magnesio y cloruros en la pasta del concreto, por lo cual se deduce que fue realizada con arenas y agregados gruesos de procedencia sedimentaria que no presenta afectaciones ni elementos minerales potencialmente que generen ataques internos.

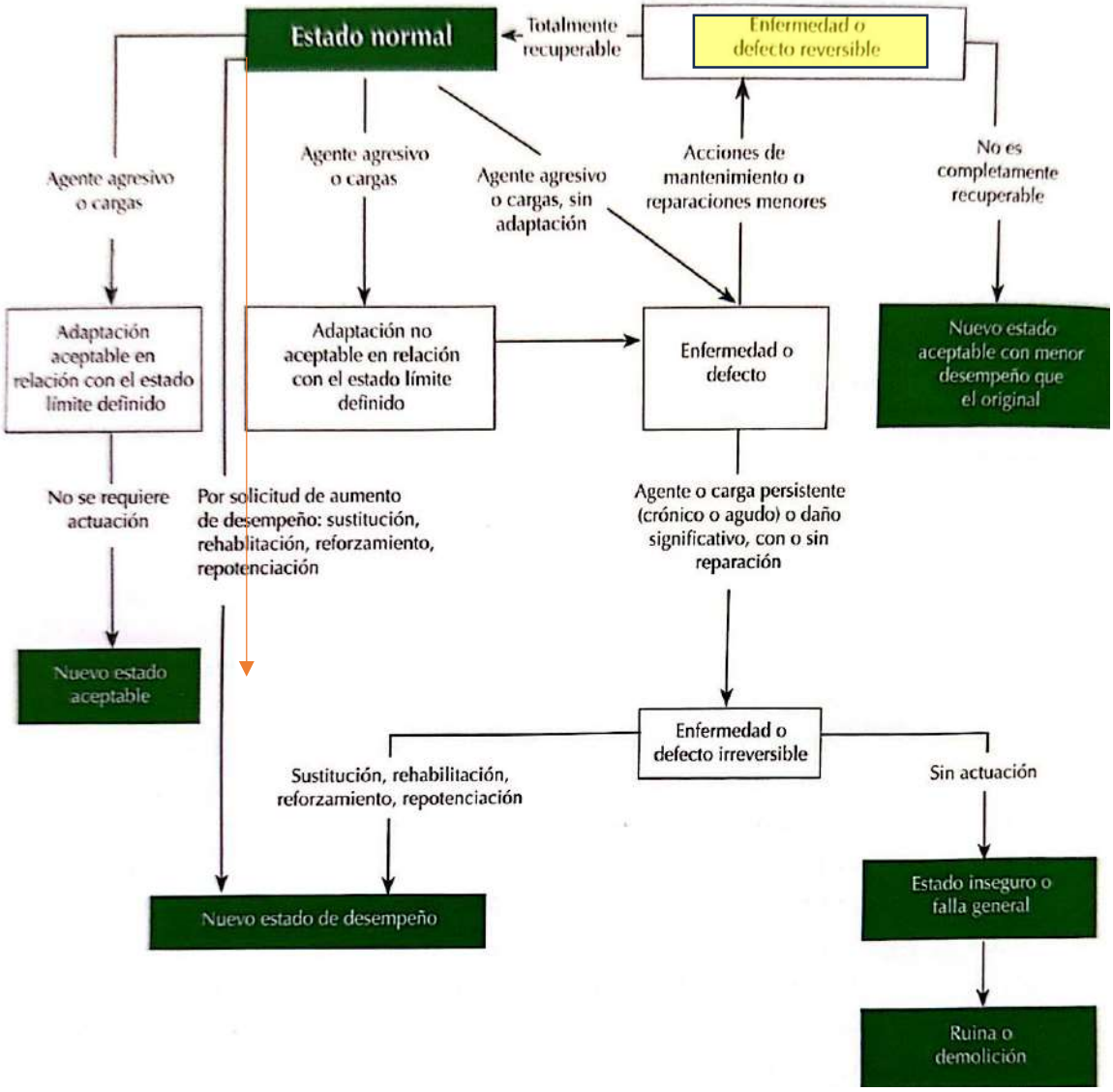


Ilustración 55. Diagrama de flujo de estado de desempeño para el proyecto.

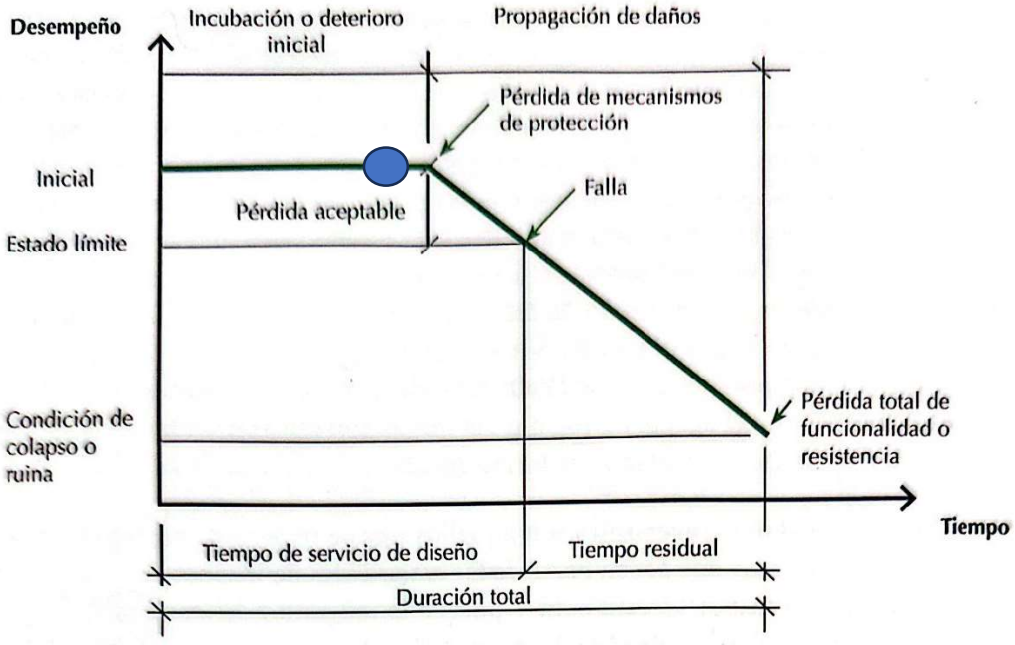


Ilustración 56. Definición grafica del desempeño por durabilidad.

A continuación, se presenta la estimación de la vida útil residual de la estructura.

Teniendo en cuenta que el ataque esta dado en la causa fuente la misma masa de concreto realizar una intervención para inhibir el ataque resulta en un tratamiento en el cual se tenga que proteger el acero existente el cual presenta hasta una pérdida del 20% de su sección.

La irreversibilidad de esta lesión es una preocupación central en el estudio patológico. Una vez que la capa pasiva se ha perdido y la corrosión ha comenzado, es extremadamente difícil, costoso y, en muchos casos, prácticamente imposible revertir completamente el daño. Esto significa que las estructuras afectadas pueden requerir reparaciones costosas o incluso la demolición y reconstrucción si la corrosión ha avanzado significativamente. Estos procesos no solo son financieramente onerosos, sino que también pueden ser peligrosos si no se abordan adecuadamente.

La durabilidad del concreto reforzado es un aspecto que depende de la corrosión del acero de refuerzo es uno de los principales desafíos en este sentido. Según Stanish et al. (2001), la presencia de cloruros y sulfatos en el ambiente circundante puede acelerar el proceso

corrosivo y comprometer la integridad de la estructura. La protección del acero de refuerzo en el concreto es esencial para garantizar su durabilidad a lo largo del tiempo.

La influencia de factores como la presencia de cloruros y sulfatos en el concreto, especialmente en entornos marinos o expuestos a agentes agresivos, puede potenciar los efectos corrosivos y acelerar el deterioro de la estructura. Según Stanish et al. (2001), la combinación de cloruros y sulfatos en el concreto puede favorecer la corrosión del acero de refuerzo y reducir su vida útil, para proteger el acero de refuerzo en estructuras de concreto, es fundamental implementar medidas de prevención y control de la corrosión. Según Stanish et al. (2001), el diseño adecuado del recubrimiento de concreto, la selección de materiales resistentes a la corrosión y el mantenimiento periódico de la estructura son aspectos clave para garantizar su durabilidad a lo largo del tiempo.

La presencia de cloruros en el concreto es uno de los principales factores que pueden desencadenar la corrosión del acero de refuerzo. Según Khatri, Sirivivatnanon y Marsh (2000), los cloruros pueden penetrar en el concreto a través de la porosidad y fisuras, alcanzando la armadura de refuerzo y desencadenando procesos corrosivos. La concentración de cloruros en el concreto, especialmente en ambientes marinos, puede acelerar el proceso de corrosión y reducir la vida útil de la estructura.

particuals de agua de mar.

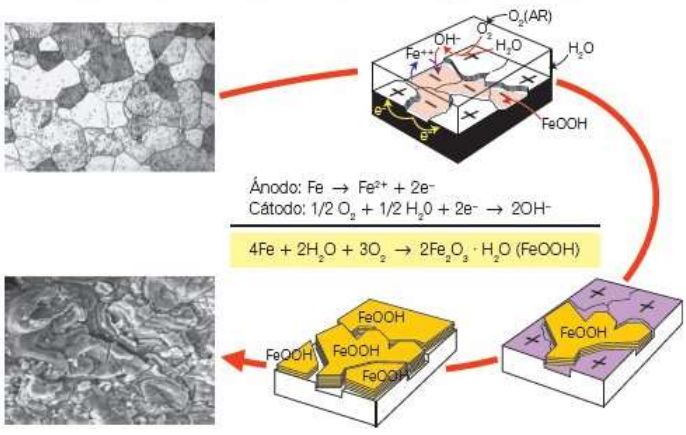


Ilustración 57. Esquema reacción al ontacto on el acero estructural

Se ilustra el mecanismo de fallo por corrosión de recubrimiento expuesto a atmósferas marinas tropicales. El proceso se desarrolla en tres etapas progresivas claramente

diferenciadas, mostrando la evolución desde la iniciación del daño hasta el fallo completo del sistema de protección.

Etapa I: Se observa la nucleación y aparición inicial de defectos en el recubrimiento durante esta fase, el electrolito marino penetra a través de microporos o defectos preexistentes en el recubrimiento, estableciendo el contacto entre el medio corrosivo y el sustrato metálico subyacente. Los iones cloruro (Cl^-) y oxígeno (O_2) disueltos en el electrolito comienzan a interactuar con la superficie metálica, iniciando las reacciones electroquímicas de corrosión.

Etapa II: Representa la propagación activa del proceso corrosivo. En esta fase crítica, se forma y enriquece el cloruro de hierro ($FeCl_2$) en las zonas anódicas, mientras que los productos de corrosión como β-FeOOH (akaganéite) y γ-FeOOH (lepidocrocita) comienzan a acumularse. La presencia de altas concentraciones de Fe^{2+} y Cl^- favorece específicamente la formación de akaganéite, que es característica de ambientes con elevado contenido de cloruro.

Etapa III: Muestra el fallo avanzado del sistema, donde se produce una delaminación extensa del recubrimiento. Los productos de corrosión volumétricamente mayores generan tensiones mecánicas que causan agrietamientos, ampollamiento y eventualmente la separación completa del recubrimiento del sustrato. Durante esta fase, se observan transiciones de fase continuas y el crecimiento masivo de defectos que comprometen completamente la integridad del sistema de protección.

I. PROCESO TÉCNICO DE CORROSIÓN Y FALLO DEL RECUBRIMIENTO

I. MECANISMOS DE INICIACIÓN

El proceso de corrosión en recubrimientos expuestos a ambientes marinos tropicales se inicia por la penetración del electrolito a través de defectos microscópicos inherentes al recubrimiento, su comportamiento en ambientes húmedos y salinos presenta limitaciones específicas.

La alta humedad, temperatura elevada y la presencia de aerosoles salinos característicos de las atmósferas marinas tropicales deterioran progresivamente las propiedades del recubrimiento. Los iones cloruro, abundantes en estos ambientes, poseen características

higroscópicas que favorecen la formación de electrolitos incluso a humedades relativas relativamente bajas (40-70%), facilitando el inicio de los procesos electroquímicos de corrosión.

II. REACCIONES ELECTROQUÍMICAS FUNDAMENTALES

Una vez establecido el contacto electrolítico, se desarrollan las reacciones electroquímicas características de la corrosión marina. En las zonas anódicas, el hierro del sustrato se oxida según la reacción:

$$Fe \rightarrow Fe2^{++}2e^{-} Fe \rightarrow Fe2^{++}2e^{-}$$

Simultáneamente, en las zonas catódicas, el oxígeno disuelto se reduce en medio neutro o básico:

$$O2+2H2O+4e^{-} \rightarrow 4OH^{-} O2+2H2O+4e^{-} \rightarrow 4OH^{-}$$

Los iones hidroxilo migran hacia las zonas anódicas, formando inicialmente hidróxido ferroso $Fe(OH)_2$, que posteriormente se oxida para formar los productos de corrosión característicos del ambiente marino.

III. EVOLUCIÓN DE LA DEGRADACIÓN DEL RECUBRIMIENTO

La acumulación progresiva de productos de corrosión genera varios efectos deletéreos en la integridad del recubrimiento. Los óxidos e hidróxidos de hierro formados poseen un volumen significativamente mayor que el metal original, generando tensiones mecánicas en la interfase recubrimiento-sustrato.

Estas tensiones resultan en la formación de grietas que facilitan la penetración adicional del electrolito, estableciendo un mecanismo de retroalimentación positiva que acelera el proceso de deterioro. La lepidocrocita (γ-FeOOH), que constituye el producto primario de corrosión atmosférica, se transforma gradualmente en goethita (α-FeOOH) y fases espinela (magnetita Fe_3O_4/maghemita γ-Fe_2O_3) conforme aumenta el tiempo de exposición.

Factores Ambientales Críticos

Los ambientes marinos tropicales presentan condiciones particularmente agresivas para los sistemas de recubrimiento. Las temperaturas elevadas aceleran las velocidades de

reacción, mientras que la alta humedad relativa mantiene condiciones favorables para la actividad electroquímica continua.

La deposición de partículas salinas transportadas por los aerosoles marinos incrementa sustancialmente la conductividad del electrolito superficial, intensificando los procesos corrosivos. Estudios han demostrado que la velocidad de corrosión del acero aumenta linealmente con la salinidad atmosférica hasta aproximadamente 600 mg Cl^{-}/m^{2}·día, estabilizándose en valores superiores debido a la reducción de la solubilidad del oxígeno en electrolitos altamente concentrados.

IV. MECANISMOS DE FALLO DEL SISTEMA

El fallo final del sistema de protección ocurre mediante la delaminación completa del recubrimiento, este proceso se ve favorecido por la combinación de tensiones mecánicas generadas por los productos de corrosión volumétricos y la pérdida de adhesión en la interfase debido a la corrosión subyacente.

La formación de ampollas y el agrietamiento progresivo del recubrimiento exponen áreas crecientes del sustrato metálico, acelerando exponencialmente la velocidad de deterioro. Una vez iniciada la delaminación, el proceso se propaga lateralmente debido a la corrosión galvánica entre las zonas expuestas (anódicas) y las áreas aún protegidas por el recubrimiento (catódicas).

6. ANALISIS DE RESULTADOS

J. SINTESIS DE RESULTADOS

Se detectó un estado avanzado de corrosión en elementos estructurales específicamente en vigas sin embargo son casos puntuales y no generalizados.

No se detectaron evidencias de afectaciones en elementos principales del sistema estructural de resistencia sísmica de la edificación que permitan concluir una lesión mecánica que afecte la estabilidad de la construcción, las afectaciones y lesiones obedecen principalmente a elementos no estructurales como muros divisorios y fachadas.

La inspección fotográfica y los análisis de laboratorio confirmaron la pertinencia de la resistencia del concreto constitutivo y el acero de refuerzo y su estado de sanidad general.

El análisis del potencial de corrosión (ASTM C876) indicó un estado mayormente pasivo en la mayoría de las muestras, con excepción de algunas zonas próximas a fachadas principales con potenciales negativos que indican potencial de corrosión localizada.

Se evidenció una correlación directa entre las zonas más afectadas y la dirección del viento predominante, lo que explica el mayor desgaste en caras expuestas a la abrasión y acumulación de humedad, validando la influencia climática en la degradación del material.

Estos resultados revelan la necesidad de implementar un plan integral de intervención que contemple la reparación y sustitución de elementos, la renovación y mejoramiento de la fachada y elementos no estructurales

Es recomendable programa de monitoreo constante para preservar la integridad y garantizar la seguridad estructural a largo plazo como control de asentamientos topográficos multitemporales mínimo cada 6 meses.

Teniendo en cuenta el hallazgo detectado en cimentación por ser un suelo potencialmente colapsable ante flujos de escorrentia subsuperficial es recomendable realizar diseños e intervenciones tendientes a mantener la humedad en el suelo, evitando diferenciales y hacer manejo de raíces de los individuos arbóreos circundantes, esto no quiere decir que se deban retirar sino hacer un manejo y gestión adecuada de los mismos como tratamiento de raíces podas controladas dado que su sistema radicular puede repercutir en el asentamiento detectado.

7. CALIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Conforme a lo prescito en A.10.2.2 de NSR-10 y en la tabla A.10.4-1 para los efectos de diseño de resistencia efectiva la edificación presenta un detallado y una materialidad adecuada por tal motivo su calidad de diseño y su calidad de construcción y su estado de conservación. Se evalúan como se presenta a continuación:

Tabla A.10.4-1
Valores de ϕ_c y ϕ_e

	Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación		
	Buena	Regular	Mala
ϕ_c o ϕ_e	1.0	0.8	0.6

Calidad del diseño y la construcción de la estructura original: las edificacion se construyó con la tecnología y norma de su época así:

CALIFICACIÓN CALIDAD DEL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SEGÚN NSR-10 A.10.2.2.1 - BUENO
Coeficiente de calidad de diseño F_C= 1.0

Estado de la estructura Actualmente la construcción no presenta lesiones que amenacen la seguridad y estabilidad de la edificación según los controles dimensionales realizados tampoco presenta distorsiones fuera de la tolerancia el estado de conservación y mantenimiento de la edificación no ha sido permanente por lo tanto hay procesos de deterioro de los materiales.

CALIFICACIÓN ESTADO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE SEGÚN NSR-10 A.10.2.2.2 – BUENO
coeficiente de estado de la edificación F_e =1.0.

sin embargo, para la verificación de la cimentación por los efectos generados sobre la misma se aconseja determinar para dichos elementos un coeficiente de estado de 1.0. debido a su calificación.

8. RECOMENDACIONES DE INTERVENCIÓN Y TRATAMIENTOS.

La recomendación fundamental es realizar un estudio de vulnerabilidad sísmica y reforzamiento a la estructura teniendo en cuenta que si bien se ha comportado adecuadamente ante los sismos presentados estos no han tenido la magnitud del evento de diseño esperado. Así mismo se recomienda que se realice el estudio de manera integral teniendo en cuenta diferentes disciplinas como la bioclimática y mecánica en donde particularmente se sugiere una unidad central totalizadora de aire acondicionado, haciendo el retiro de las unidades de aire acondicionado tipo minisplit, que están actualmente en las fachadas las cuales repercuten en ataques por humedad dada la condensación del agua que ataca las fachadas en esa solución se integra el confort interno la sostenibilidad y la salubridad tanto del edificio como de los ocupantes.

Teniendo en cuenta los hallazgos encontrados en los diferentes ensayos y lesiones, en donde se evidencia fundamentalmente ataques por humedad y agrietamiento en los elementos no estructurales que componen el revestimiento como los muros divisorios de la edificación, y dado que estos son los elementos que pueden ser mas vulnerables ante la ocurrencia de un evento sísmico, es recomendable realizar el reemplazo e intervención de los mismos.

Es recomendable tomar las alternativas necesarias para reducir la masa y cargas en la edificación para ello es recomendable disminuir peso de elementos como materiales de archivo o anaqueles del almacenamiento de procesos.

8.1 REEMPLAZO DE FACHADA Y ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES INTERNOS.

Se recomienda el reemplazo de la materialidad de fachada por paneles de GRC, UHPC o piedra sinterizada evitando el paso de la humedad hacia el interior, como reduce la masa de elementos no estructurales minimizando el peso de la edificación evitando así otros efectos adversos como los asentamientos diferenciales.

Del mismo modo, es necesario y recomendable usar una alternativa mas liviana para los muros divisorios internos los cuales son la afectación mas evidente, dado el nivel de agrietamiento y humedad de los mismos se proponen alternativas como los muros tipo Almapanel -Durapanel de poliestireno revestidos con malla y mortero, muros de construcción liviana en seco o bloques de mampuesto liviano que permitan la reducción de este tipo de carga pero también que se aíslen de la estructura principal con los anclajes adecuados evitando que tengan acción sobre la rigidez de la estructura.



Ilustración 58. Imagen de propuesta de cambio de materialidad en fachada color textura bioclimáticamente adecuado.

8.2 INTERVENCION EN ELEMENTOS ATACADOS POR LA CORROSIÓN.

El tratamiento es recomendable la pasivación mediante pasivación e implementación de inhibidores de corrosión y disminuyendo el potencial de voltaje mediante protección catódica mediante ánodos de sacrificio en zinc o magnesio al 0.05% del peso del acero que se quiere proteger (en una relación de 500g/Tn).

Consiste en conectar al acero de refuerzo un material con mayor potencial de corrosión

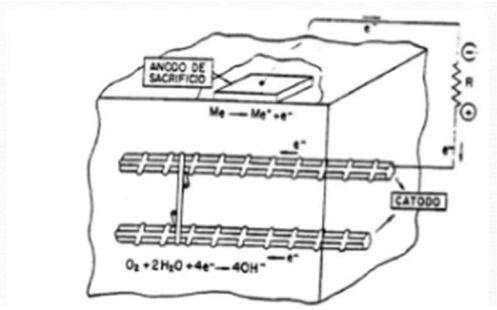


Ilustración 59. Mecanismo de Funcionamiento del ánodo de sacrificio (Fuente . Sanabria)



Ilustración 60. Instalación de ánodo de sacrificio en elemento de concreto reforzado (Fuente Novapox SL)

Estos elementos se pueden instalar al momento de la intervención de reforzamiento, al momento de hacer la escarificación, tanto en elementos afectados actualmente por corrosión también se pueden instalar en los elementos de corona de cimentación a los cuales al no tener contacto con el aire no se detectó fenómenos de ataque por corrosión sin embargo es aconsejable instalar protección catódica descrita.

Así mismo es necesario realizar el tratamiento de recubrimiento y protección con inhibidores de corrosión los cuales no son antagónicos con el procedimiento de protección catódica. Teniendo en cuenta la intervención se realizará aplicando la metodología de principios de intervención consignados en el ICRI (international Concrete Repair Intitute), llegando a una superficie CSP 6 como mínimo y posteriormente la aplicación de un inhibidor de corrosión de característica de mortero cementoso y pasta tixotrópica en las barras de refuerzo y posteriormente el encamisado con grout fibroreforzado de retracción compensada resistente a sulfatos.

8.3 RECOMENDACIONES GENERALES DE INTERVENCIÓN EN ZONAS DEFECTUOSAS.

9 Las superficies de concreto donde se realiza intervención deben presentar textura rugosa y utilizarse resinas epóxicas o similares, asegurando en monolitismo con los nuevos elementos.

10 En los nudos donde llegan los dos elementos se deben escarificar el existente hasta encontrar el refuerzo longitudinal de la misma, después de escarificarla se debe verificar que el concreto de la viga existente a esa profundidad sea un concreto sano sin presencia de agentes contaminantes. Al concreto picado y saneado se le aplica un inhibidor pasivado de corrosión para pasivar la armadura, así como para reducir la velocidad de corrosión. utilizando resinas epóxicas que garanticen la adherencia entre el acero y el concreto viejo. El concreto a utilizarse en la fundida del nudo debe ser del tipo superfluido, autocompactante con retracción de fraguado baja, y de grava fina menor a 1/2".

11 Durante todo el proceso constructivo se debe realizar apuntalamiento temporal de los elementos. Dicho apuntalamiento debe permanecer hasta que la interventoría determine lo contrario.

12 Todas las superficies de concreto reforzado expuestas a la intemperie debe ser impermeabilizada con productos especializados para tal fin.

13 La protección o recubrimiento de las caras expuestas de concreto se puede realizar con morteros y pañetes impermeables y con recubrimientos tipo pintura (epóxicas o acrílicas) resistentes al ambiente.

14 La supervisión de la calidad de los materiales deberá ser de manera continua, y extenderse a los equipos, al procedimiento de aplicación, al mezclado y al proporcionamientos de los componentes y aditivos.

15 Todo hormigueo o cualquier otro defecto del concreto de elementos existentes debe repararse para obtener un Concreto sano. Si es necesario picar, los bordes del orificio deben ser perpendiculares a la superficie o Ligeramente inclinados.

16 El área para reparar y un área circundante a la misma, de por lo menos 15 cm de Ancho, debe humedecerse para prevenir la absorción de agua del mortero de reparación. Debe prepararse una Lechada de adherencia hasta de una parte de arena fina que pase el tamiz No. 30, mezclada hasta obtener Una consistencia de crema espesa, para luego retocar correctamente la superficie.

17 La mezcla de reparación debe hacerse de los mismos materiales y aproximadamente con las mismas proporciones usadas para el concreto ya vertido, excepto que debe omitirse el agregado grueso. El cemento portland gris en el concreto a la vista, con el fin de producir un color que iguale el color del concreto circundante, tal como lo determina una reparación de ensayo. La cantidad de agua de mezcla debe ser la mínima requerida y aplicar mínimo 20% de sustitución de la misma por látex. El mortero de la reparación debe mezclarse con anterioridad y mantenerse sin adición de agua, mezclándolo frecuentemente de manera manual hasta que alcance la consistencia más rígida que permite su colocación con la adición de látex mencionada.

18 Después que el agua superficial se haya secado de las áreas que van a ser reparadas, el mortero de adherencia debe aplicarse correctamente sobre la superficie. Cuando el mortero de adherencia comienza a perder el brillo debido al agua, debe aplicarse el mortero de reparación premezclado. El mortero debe compactarse intensamente en su lugar y debe esparcir hasta dejar el parche ligeramente más alto que la superficie circundante. Para permitir la retracción inicial, el mortero no debe alterarse durante por lo menos una hora antes de realizar el acabado definitivo. El área reparada debe mantenerse húmeda durante siete días. En muros de concreto a la vista, no debe utilizarse herramientas metálicas directamente sobre el acabado de las superficies que se reparan.

19 Debe mantenerse a una temperatura relativamente constante y con pérdidas mínimas de humedad, durante el periodo necesario para que ocurra la hidratación del cemento y el endurecimiento del concreto. Los materiales y métodos deben ser aprobados previamente a su uso.

20 Debe aplicarse uno de los siguientes procedimientos a las superficies de concreto que no estén en contacto con las formaletas, Inmediatamente después de completar el vaciado y el acabado: Humedecimiento o rociado continuo o colocación de telas absorbentes que se mantienen continuamente húmedas. Colocación de arena mantenida húmeda constantemente. Aplicación de algún cobertor aprobado que retenga la humedad.

21 La aplicación de un componente de curado debe cumplir con la "especificación para compuestos que forman membrana líquida para el curado de concreto" (ASTM C 309). El componente debe aplicarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante inmediatamente después de que cualquier resplandor de agua que pueda desarrollarse, después del acabado, haya desaparecido de la superficie del concreto. El componente no debe utilizarse en ninguna superficie contra la cual vaya a adherirse concreto adicional u otro material, a menos que se compruebe que el componente de curado no impida la adherencia, o a menos que se tomen medidas adecuadas para removerlo completamente de sitios donde se realicen aplicaciones de adherencia. Deben minimizar las pérdidas de humedad de superficies de concreto colocadas contra formaletas de madera o formaletas metálicas expuestas al calentamiento del sol, manteniendo las formaletas húmedas hasta que se puedan remover sin peligro.

22 El mortero de reparación debe depositarse continuamente, o en capas de un espesor tal que no quede depositado sobre el concreto que haya endurecido lo suficiente para causar la formación de grietas o de planos de debilidad en la sección. Si una sección no puede colocarse continuamente, debe localizarse juntas de construcción .

23 El concreto lanzado para reparación se especifica con un máximo tamaño de agregado de 3/8" aplicado por vía húmeda con retracción inferior a 0.06%.

ZONAS DONDE SE REQUIERE DEMOLICIÓN PARCIAL Y SUSTITUCIÓN DEBE TENERSE EN CUENTA:

24 El vaciado del nuevo concreto debe hacerse a una tasa tal que el concreto que se esté integrando al concreto fresco esté aún plástico. Los separadores temporales de las formaletas deben removerse cuando el vaciado del concreto haya alcanzado una elevación tal que haga que su servicio sea innecesario. Estos pueden permanecer embebidos en el concreto únicamente si son de metal o de concreto y si se ha obtenido aprobación previa.

25 En zonas donde los elementos tengan contacto con el agua, estén enterrado o en contacto con el terreno se recomienda instalar una membrana protectora de poliuria o PVC.

8.4 REALIZACION DE ESTUDIO DE INTERVENCION INTEGRAL VULNERABILIODAD SISMICA REFORZAMIENTO

Para garantizar la durabilidad de la estructura y su adecuado comportamiento y actualización sísmica, es recomendable realizar un análisis numérico con modelos matemáticos, obteniendo los índices de resistencia y flexibilidad de la edificación dado que el alcance de este estudio es el de un diagnostico, es conveniente que se realice a la edificación un estudio de vulnerabilidad sísmica y de reforzamiento.

Así mismo para garantizar la integralidad de la intervención es necesario tener en cuenta las implicaciones proyectuales de todos los aspectos de la intervención desde el punto de vista de impacto de intervenciones en arquitectura como de redes húmedas y secas y los parámetros normativos de calidad del aire y salubridad para la edificación en donde se requiere que el aspecto bioclimático confort sea garantizado. Para ello se proyecta de manera aproximada un costo de consultoría a fase 3 con estudios de detalle con base en la resolución 0015 de 2015 de la comisión asesora permanente del régimen de construcción sismorresistente.

ITEM	VALOR
ANALISIS DE VULNERABILIDAD SISMICA	$ 134,400,000
DISEÑO DE REFORZAMIENTO E INTERVENCION	$ 268,800,000
REVISION ESTRUCTURAL	$ 67,200,000
DISEÑO ARQUITECTONICO DE INTERVENCIONES (INCLUYE ACTUALIZACION EN SEGURIDAD HUMANA)	$ 313,600,000
DISEÑO BIOCLIMATICO Y MECANICO	$ 291,200,000
DISEÑO DE REDES HUMEDAS	$ 134,400,000
DISEÑO DE REDES SECAS	$ 134,400,000
SUB TOTAL	$ 1,344,000,000
IVA	$ 255,360,000
TOTAL	**$ 1,599,360,000**

Tabla de costos de consultoría fase 3 para la intervención integral de la edificación.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Norma Técnica Colombiana 3658 (2018). Norma para la extracción y compresión de núcleos para ensayos de concreto.
- Norma Técnica Colombiana 1377 (1996). Norma técnica NTC colombiana 1377 ingeniería civil y arquitectura. Elaboración y curado de especímenes de concreto para ensayos de laboratorio.
- Norma Técnica Colombiana 673 (2010). Concretos. Ensayos de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
- Norma Técnica Colombiana 454 (1998). Ingeniería civil y arquitectura. Concretos. Concreto fresco. Toma de muestra.
- Norma Técnica Colombiana 2275 (1997). Ingeniería civil y arquitectura. Procedimiento recomendado para la evaluación de los resultados de los ensayos de resistencia del concreto.
- Norma Técnica Colombiana 5551 (2007). Concretos. Durabilidad de estructuras de concreto.
- ICONTEC Normas Técnicas Colombianas Ntc 3692 método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido.
- ASTM D1293-18 (2018). Standard test methods for pH of water.
- ASTM E 74 (2018). Standard Practices for Calibration and Verification for Force-Measuring Instruments.
- American Concrete Institute. ACI 318-08: Requisitos De Reglamento Para Concreto Estructural y Comentario. ACI-Capítulo Costa Rica. Costa Rica, 2008.
- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 1231- 10a: Standard Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength
- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 172- 10: Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete. 4 páginas. Estados Unidos.
- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 31-10: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. 8 páginas. Estados Unidos

- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 470- 09: Standard Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically. 4 páginas. Estados Unidos

- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 617- 10: Standard Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens. 6 páginas. Estados Unidos.

- American Standard for Testing and Materials. ASTM C 94- 11a: Standard Specification for Ready-Mixed Concrete. 12 páginas. Estados Unidos.

- Neville, A. Tecnología del Concreto. Primera Edición. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México, 1999.

- AIS - Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, (1986), Adición, Modificación y Remodelación del Sistema Estructural de Edificaciones Existentes Antes de la Vigencia del Decreto 1400/84 - Norma AIS 150-86, AIS, Bogotá.

- Congreso de la República de Colombia, (1997), Ley 400 de 1997 - Por la cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes, Publicación realizada por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Santafé de Bogotá D. C., Colombia, 19 de agosto, 28 p.

- FEMA, (1999), NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, FEMA 276, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C., USA.

- FEMA - Federal Emergency Management Agency, (1997), NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, FEMA 273/274, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C., USA.

- FEMA - Federal Emergency Management Agency, (1998), FEMA 306 - Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings - Basic procedures manual, Prepared by: Applied Technology Council (ATC-43 Project), Redwood City, CA, USA, 250 p.

- CEPREVEN (2003): Curso Monográfico “Protección pasiva contra incendios”. CEPREVEN, Asociación de Investigación para la Seguridad de Vidas y Bienes. Madrid, noviembre 2003.

- FALLER, GEORGE (2004): “La identificación de riesgos y el diseño contra incendios”. ICCP Arup Fire. Ponencia del Seminario “Análisis de riesgos y fiabilidad estructural. Ingeniería de fuego”. IETcc - Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, marzo 2004.

10. ANEXOS

11. CERTIFICACIONES DE EQUIPOS

SIMIM

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
21-LAC-015

Certificado De Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

Página 1 de 4

NUMERO : 1283
Number

LABORATORIO EMISOR Issuing Laboratory	SIMIM S.A.S.
DIRECCIÓN Address	CARRERA 96 C No. 20A - 25 TELEFONOS: 5495744 BOGOTA D.C.
LABORATORIO : Laboratory	FUERZA
INSTRUMENTO : Instrument	MAQUINA DE ENSAYOS
FABRICANTE : Manufacturer	ROSSEMBERG
MODELO : Model	5010-P
NUMERO DE SERIE : Serial number	NO PORTA
CÓDIGO INTERNO DEL EQUIPO Internal Team Code	NO PORTA
RANGO DE MEDICIÓN : Measurement Range	200,0 kN A 1.000,0 kN
SOLICITANTE : Customer	QATRO S.A.S.
DIRECCIÓN : Address	CALLE 152C No. 72 - 87 INTERIOR 5 OF. 202
PLANTA : Plant	NO APLICA
CIUDAD: City	BOGOTÁ D.C.
SITIO DE CALIBRACIÓN Calibration site	INSTALACIONES DEL CLIENTE - LABORATORIO DE CALIDAD
FECHA DE CALIBRACIÓN : Date of Calibration	2025-02-24
FECHA DE EMISIÓN: Date of Issue:	2025-03-03
NUMERO DE PÁGINAS INCLUYENDO ANEXOS : Number of Pages and Documents Attached	CUATRO (4)

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente excepto cuando se haya obtenido previamente autorización por escrito de SIMIM S.A.S.
This certificate (report) is an accurate record of the perfomed measurements results. This certificate may not be partially or totaly reproduced, except with the prior written authorization of SIMIM S.A.S.
Los resultados contenidos en el presente certificado(Informe) se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. SIMIM S.A.S. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
The results of this certificate (Report) refer to the moment and conditions in which the measurements were made. SIMIM S.A.S. assumes no responsability for any ensuing damages to te misuse of the calibrated instruments
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados.
The user is responsable for having his instruments calibrated at appropiate intervals.

FIRMAS AUTORIZADAS :
Authorized signatures

EDWYN ALFONSO PERDIGÓN BELTRÁN
Firmado digitalmente por EDWYN ALFONSO PERDIGON BELTRAN
Fecha: 2025.03.03 08:59:49 -05'00'

ING. EDWYN PERDIGON BELTRAN
DIRECTOR TÉCNICO

Revisado por - Chequed By

F-LM-01-TEC-C

Carrera 96C No. 20 A - 25 * Tels.: 549 5744 - 811 6047 Cel.: 320 343 6811 *
gerencia.simim@gmail.com Bogotá D.C.

SIMIM

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
21-LAC-015

Certificado De Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

NUMERO : 1283

DATOS INDICADOR DEL EQUIPO

MARCA	ROSSEMBERG	***NORMA UTILIZADA***	NTC ISO 7500-1:2007
MODELO	5010-P	***MÉTODO UTILI ZADO***	COMPARACIÓN DIRECTA
SERIE	NO PORTA	***DIRECCIÓN DE LA CARGA***	COMPRESIÓN
ESCALA	1.000,0 kN	***INTERVALO CALIBRADO***	20 % AL 100 %
DIVISIÓN DE ESCALA	0,1 kN	***TEMPERATURA DE PRUEBA***	ENTRE 22,7 °C Y 23,1 °C
RESOLUCIÓN	0,1 kN	***UNIDAD DE MEDIDA***	SISTEMA INTERNACIONAL (N)

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

Los resultados de este certificado de calibración son trazables al SI por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones que los vincula a patrones nacionales o internacionales, estos patrones son calibrados por laboratorios competentes según los requisitos establecidos en la norma ISO/IEC 17025:2017.

PATRONES DE REFERENCIA	INDICADOR DIGITAL	TRANSDUCTOR DE FUERZA
MARCA	HBM	SENSY
MODELO	MGCPlus	5105
SERIE	801171153/1	2120353000
CAPACIDAD	2,5mV/V	1000 kN SENSY
CERTIFICADO No.	---	6808
FECHA DE CALIBRACIÓN	---	2023-07-04

Resumen de resultados de la calibración del equipo bajo calibración

1. ***Lecturas obtenidas durante la calibración***

Condiciones Ambientales

Temperatura Mínima	22,7 °C
Temperatura Máxima	23,1 °C

Escala : 1.000,0 kN División Escala : 0,1 kN Resolución : 0,1 kN

MÁQUINA			PATRÓN (kN)				
NIVEL DE CARGA (%)	INDICACIÓN DE LA MÁQUINA kN	-	SERIE No 1 ASCENSO kN	SERIE No 2 ASCENSO kN	REVERSIBILIDAD DESCENSO kN	SERIE No 3 ASCENSO kN	SERIE No 4 ASCENSO kN
20	200,0	-	199,33	199,53		199,63	
30	300,0	-	299,52	299,41		299,24	
40	400,0	-	398,46	398,75		398,88	
50	500,0	-	498,58	497,94		498,94	
60	600,0	-	598,53	598,01		599,60	
70	700,0	-	698,61	697,85		699,85	
80	800,0	-	798,80	797,86		800,29	
90	900,0	-	899,11	898,00		900,83	
100	1.000,0	-	999,58	998,18		1.001,43	
INDICACIÓN DESPUES DE CARGA (FI0) :			0,0	0,0	-	0,0	-
		TI (°C)	22,7	23,0	-	23,1	-
		TF (°C)	22,9	23,1	-	22,8	-

SIMIM SOLUCIONES METROLÓGICAS

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
21-LAC-015

Certificado De Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

NUMERO : 1283

Página 3 de 4

2. *Propiedades metrológicas del equipo bajo calibración*

El límite inferior de la escala se determina de acuerdo con el numeral 6.4.5 (Nota 1) de la NTC ISO 7500-1:2007

Escala : 1.000,0 kN Dirección de Carga : COMPRESIÓN Límite Inferior de Escala (kN) 40,00

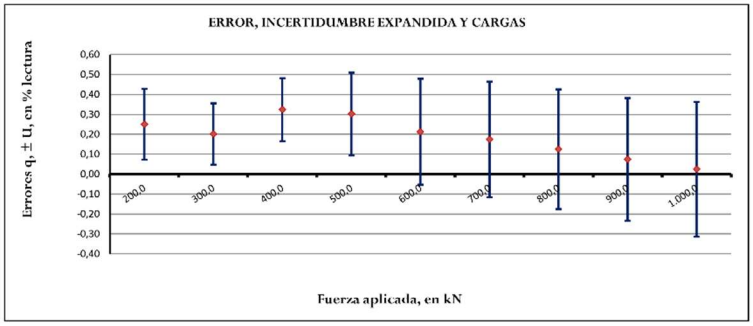
LECTURAS (kN)			ERRORES RELATIVOS					
NIVEL DE CARGA	PROMEDIO PATRÓN $\overline{X_p}$	INDICACIÓN MÁQUINA I_m	Exactitud q $\frac{(I_m - \overline{X_p})}{\overline{X_p}}$	Repetibilidad b $\frac{(MAX_p - MIN_p)}{\overline{X_p}}$	Reversibilidad v $\frac{I_{p,des} - I_{p,asc}}{\overline{X_p}}$	Resolución a $\frac{d}{I_m}$	Accesorios Acc $\frac{\lvert I_m - I_{p,4} \rvert}{I_{p,4}}$	Incertidumbre u (%)
(%)	(kN)	(kN)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	k = 2
20	199,50	200,0	0,25	0,15	-	0,05	-	0,18
30	299,40	300,0	0,20	0,09	-	0,03	-	0,15
40	398,71	400,0	0,32	0,11	-	0,03	-	0,16
50	498,50	500,0	0,30	0,20	-	0,02	-	0,21
60	598,73	600,0	0,21	0,27	-	0,02	-	0,27
70	698,79	700,0	0,17	0,29	-	0,01	-	0,29
80	799,00	800,0	0,12	0,30	-	0,01	-	0,30
90	899,34	900,0	0,07	0,32	-	0,01	-	0,31
100	999,76	1.000,0	0,02	0,32	-	0,01	-	0,34
ERROR RELATIVO DE CERO fo (%) :			0,00	0,00	-	0,00	-	

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" calculado y tiene una probabilidad de cobertura especifica de aproximadamente 95 % y no menor a este valor , para su estimación se sigue los lineamientos estandarizados por la GUM y por la ISO 7500-1.

d= división de escala MAX= maxima MIN= mínima

Los valores reportados en unidades del sistema intenacional fueron calculadas con los factores de conversión según Guide for the Use of the International System of Units (SI) - NIST Special Publication 811, 2008 Edition, Apendice B.9

Grafica de Error (q) e incertidumbre Vs. Fuerza Aplicada



Carrera 96C No. 20 A - 25 * Tels.: 549 5744 - 811 6047 Cel.: 320 343 6811 * gerencia.simim@gmail.com Bogotá D.C.

SIMIM SOLUCIONES METROLÓGICAS

ONAC ACREDITADO
ISO/IEC 17025:2017
21-LAC-015

Certificado De Calibración

CERTIFICATE OF CALIBRATION

NUMERO : 1283

Página 4 de 4

ANÁLISIS DE LOS ERRORES RELATIVOS

ERRORES RELATIVOS (%) MÁXIMOS HALLADOS		Clase de la escala de la Máquina	Valor Máximo Permitido %				
			Error Relativo de				
ESCALA CALIBRADA :	1.000,0 kN		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad *	Cero	Resolución Relativa
EXACTITUD (q)	0,32		q	b	v	f_0	a
REPETIBILIDAD (b)	0,32	0,5	± 0,5	0,0	± 0,75	± 0,05	0,25
REVERSIBILIDAD (v)	-	1	± 1	1,0	± 1,5	± 0,1	0,5
RESOLUCIÓN (a)	0,05	2	± 2	2,0	± 3	± 0,2	1,0
CERO (fo)	0,00	3	± 3	3,0	± 4,5	± 0,3	1,5
ACCESORIOS	-	* De acuerdo con el apartado 6,4,8 de la norma, el Error relativo de reversibilidad solo se determina cuando se solicita.					
INCERTIDUMBRE (U)	0,34						

OBSERVACIONES :

1. De acuerdo con los resultados obtenidos del ejercicio de calibración, se emite estampilla **No. 1283**
2. Es responsabilidad del cliente establecer la frecuencia de calibracion de su equipo, en los resultados emitidos no se encentra contemplada el estudio de deriva a corto y largo plazo.
3. La máquina de ensayos debería ser calibrada inmediatamente despues de cualquier tipo de reparación o mantenimiento, ya que la sustitución de piezas o elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan el funcionamiento del sistema de medida.
4. Si la máquina de ensayos es reubicada, la calibración debería ser repetida. De igual forma, cuando exista razón de duda con respecto a la exactitud en la medición, independientemente del tiempo transcurrido desde la última calibración.
5. Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración. SIMIM S.A.S, no se hace responsable por daños ocacionados debido al uso inadecuado del equipo.
6. Los errores relativos maximos reportados en el presente Certificado de Calibración fueron calculados desde el 20 % hasta el 100 % del intervalo calibrado, según lo previsto en la NTC-ISO 7500-1:2007 numeral 7.
7. El instrumento de medición por previa autorización del cliente se calibro desde el 20 % hasta el 100 % de su capacidad.
8. Los resultados de la calibración corresponden unicamente al ítem sometido a calibración.
9. Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando de reproduce en su totalidad.
10. La información relacionada con solicitante, dirección y lugar de medición son suministradas por el cliente.

Fin Del Certificado

Carrera 96C No. 20 A - 25 * Tels.: 549 5744 - 811 6047 Cel.: 320 343 6811 *
gerencia.simim@gmail.com Bogotá D.C.



ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT

CEL.:(057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Laboratorio de Metrología

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

Número: **V1427** *Number*

Página /Pages 1 de

Número de páginas incluyendo anexos *Number of pages and documents attached* 2

Objeto: *Object* ESCLEROMETRO

Fabricante: *Manufacturer* R&R

Modelo: *Model* NO REPORTA

Número de identificación: *Identificación number* NO IDENTIFICABLE

Rango de mediciòn: *Range of measurement* 10 Mpa ..... 70 Mpa

Usuario final del certificado: *Certificate end user* QATRO S.A.S.

Dirección del usuario: *User´s address* CR 55 152B 68 OF 705 BOGOTA D.C.

Lugar de calibración: *Calibration site* LABORATORIO

Fecha de calibración: *Calibration date* martes, 08 de abril de 2025

Este certificado documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, los cuales representan las unidades de medida en concordancia con el sistema internacional de unidades (SI). Este certificado de calibración no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización escrita de Sistemas de Ensayo y Calibración R&R SAS. Los resultados, consignados en este certificado se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. R&R SAS , no se responsabiliza por los perjuicios que pueden derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o de este certificado. Este certificado no tiene valides sin las firmas y el sello de R&R SAS.

This certificate declares the traceability to the National Standards, which represent the units of measurement that are in agreement with the International System Units (SI). This certificate of calibration could not be reproduced partially without written authorization of the R&R SAS. The sesult of this certificate is for the object of calibration, at the conditions in which the measurements were made. The R&R SAS does not take responsibility from the inadequate use of the calibrated objects or this certificate. The calibration certificate is not valid without the signatures and the seal of the R&R SAS.

Fecha de emisión: *Date of issue* martes, 08 de abril de 2025

FIRMA(S) AUTORIZADA(S)
AUTORIZED SIGNATURE (S)

Alcides Navarro
Realizado por:
Performed by

Rossemberg Indaburo M.
Verificado por:
reviewed by

Carrera 65 No. 70-09 CEL.:(057)3016256345 - 3157815444

ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT

Laboratorio de Metrología

CEL.:(057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

Número: V1427
Number

Fecha de calibración/Calibration date: **martes, 08 de abril de 2025**
Página /Pages: 2 DE 2
Número de páginas incluyendo anexos / Number of pages and documents attached: 2

Medición	Numero de rebote	Medición	Numero de rebote
1	81	16	78
2	81	17	80
3	82	18	78
4	82	19	80
5	82	20	80
6	81	21	80
7	81	22	78
8	83	23	80
9	82	24	80
10	81	25	78
11	83	26	78
12	83	27	78
13	83	28	80
14	82	29	80
15	82	30	80
PROMEDIO			**81**

De acuerdo a lo especificado por el fabricante el instrumento de medición cumple con lo especificado 80 ± 4

OBSERVACIONES :

1.- De acuerdo con los resultados anteriores se concede el sello: **V1427**
2.- La próxima calibración deberá efectuarse dependiendo del standard de mantenimiento, su frecuencia de uso y el tipo de material ensayado y deberá efectuarse en intervalos inferiores a 12 meses.
3.- El instrumento de ensayos deberá ser calibrado inmediatamente despues de cualquier reparación ya que la sustitución de elementos del sistema mecánico o eléctrico afectan la operación del sistema de medida.
Los datos emitidos en el presente certificado, se ajustan al momento y condiciones dadas en la calibración
R&R SAS. No se hace responsable por daños ocasionados al equipo debido al uso inadecuado.

Carrera 65 No. 70-09 CEL.:(057)3016256345 - 3157815444



ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT
CEL.:(057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Laboratorio de metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Calibration certificate

CERTIFICADO: V 1375

Laboratorio de masas y balanzas

INSTRUMENTO : *Instrument*	BALANZA
FABRICANTE : *Manufacturer*	TRUMAX
MODELO : *Model*	FENIX
NUMERO DE SERIE : *Serial Number*	Y8195088
RANGO DE MEDICIÓN : *Measurement Range*	0,04 kg a 15 kg

Para la calibración se empleo el método de comparación directa con masas patrón siguiendo los lineamientos del procedimiento interno PRO-001 basado en la GUÍA SIM MWG7/ cg-01/v.00:2009, aplicando las pruebas como excentricidad repetibilidad y exactitud.

For the calibration, the direct comparison method with standard masses was used following the guidelines of the internal procedure PRO-001 based on the SIM GUIDE MWG7 / cg-01 / v.00: 2009, applying the tests as eccentricity, repeatability and accuracy

SOLICITANTE :	QATRO S.A.S.
DIRECCIÓN : *Address*	CL 152 C 72 87 IN 5 OF 202

FECHA DE RECEPCIÓN : *Date of Reception*	2025-03-10
FECHA DE CALIBRACIÓN : *Date of Calibration*	2025-03-10
FECHA DE EXPEDICIÓN : *Date of Issue*	2025-03-10

Es responsabilidad del usuario establecer intervalos apropiados de calibración de sus instrumentos.

It is the responsibility of the user to establish appropriate calibration intervals for their instruments.

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized signatories

Alcides navarro
Responsable de la calibración

Rossemberg Indaburo M.
Jefe de laboratorio

Este documento tiene validez solo en original, no se autoriza la reproducción parcial del total sin permiso expreso del laboratorio. El presente documento certifica al instrumento y los resultados en el descritos, con las condiciones y las características presentes en el momento en que se realizó la calibración. El Laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que se derivan del uso inadecuado de los resultados e instrumentos calibrados.
This document is valid only in original, partial reproduction of the total is not authorized without the express permission of the laboratory. This document certifies to the instrument and the results in the described, with the conditions and the characteristics present at the moment in which the calibration was carried out. The Laboratory that issues it is not responsible for the damages that result from the improper use of results and calibrated instruments.

ROSSEMBERG INGENIERÍA S.A.S
Cra 65 No 70 A-09
Bogotá - Colombia

Pagina 1 de 4

ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT
CEL.:(057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Laboratorio de metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Calibration certificate

CERTIFICADO: V 1375

Laboratorio de masas y balanzas

DATOS DEL INSTRUMENTO BAJO CALIBRACIÓN			
Carga máxima:	15 kg	***Clase:***	III
Carga mínima:	0,04 kg	***Ubicación:***	Laboratorio
Resolución:	0,1 kg		
Sitio de la calibración:	*INSTALACIONES DEL CLIENTE*		

TRAZABILIDAD

Las mediciones que se realizan en el laboratorio de masa son trazables al sistema internacional de unidades, los patrones de trabajo destinados a realizar las calibraciones han sido calibrados por laboratorio acreditado por ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia).

DATOS DEL INSTRUMENTO PATRÓN					
Instrumento	***Valor nominal***	***Clase***	***Serie***	***No Certificado***	***Fecha de calibración:***
Pesas patrón	1 g a 30 kg	M1	PJP1024	CPS1373	2020-09-21
Pesas patrón	1 g a 30 kg	M1	PJP1024	CPS1368	2020-09-21

INCERTIDUMBRE DE MEDICION

La incertidumbre de la medición fue estimada de acuerdo a la Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones (GUM) teniendo en cuenta las contribuciones debidas al patrón de trabajo, la resolución, la histéresis, la dispersión de los datos al medir y la diferencia de alturas del instrumento bajo calibración. La incertidumbre expandida se obtiene a partir de la incertidumbre estándar combinada, multiplicada por un factor de cobertura k. Este factor de cobertura corresponde a un nivel de confianza aproximado del 95,45%.

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CALIBRACIÓN	
Temperatura (max):	*24,7 °C*
Temperatura (min):	*24,4 °C*
Presión atmosférica:	*1019 hPa*
Humedad Relativa:	*40 %HR*

La variación máxima de la temperatura durante la calibración: *0,3 °C*

Carrera 55 N° 152B – 68, Ed. MAZ, Oficina 602
Cel. (+57) 305 707 1509 – (+57) 300 561 0716
: consantacruz.arc@gmail.com, Bogotá, D.C., Colombia

ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT
CEL. (057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Laboratorio de metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Calibration certificate

CERTIFICADO: V 1375

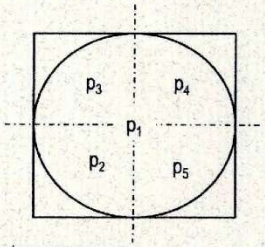
Laboratorio de masas y balanzas

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

PRUEBA DE EXCENTRICIDAD

Carga de prueba:	5 kg

Posición	Indicación	Error	ΔI_{ecc}
p_n	kg	kg	kg
p_1	5	0,00	0,001
p_2	5	0,00	
p_3	5	0,00	
p_4	5	0,00	
p_5	5	0,00	



Cada vez que se remueve la carga, se registra la indicación sin carga y se ajusta a cero si esta no regresa a cero

PRUEBA DE REPETIBILIDAD

Carga de prueba 1:	5,00 kg
Carga de prueba 2:	10,00 kg
Carga de prueba 3:	15,00 kg

Serie 1		Serie 2		Serie 3	
Prueba	Indicación	Prueba	Indicación	Prueba	Indicación
L_n	kg	L_n	kg	L_n	kg
L_1	5	L_1	10	L_1	15
L_2	5	L_2	10	L_2	15
L_3	5	L_3	10	L_3	15
L_4	5	L_4	10	L_4	15
L_5	5	L_5	10	L_5	15
Desviación estándar		0,00055	kg		

Cada vez que se remueve la carga, se registra la indicación sin carga y se ajusta a cero si esta no regresa a cero

ROSSEMBERG INGENIERÍA S.A.S
Cra 65 No 70 A-09
Bogotá - Colombia

Pagina 3 de 4

ROSSEMBERG
LABORATORY EQUIPMENT
CEL.:(057)3016256345 - 3157815444
www.rossemberg.com.co

Laboratorio de metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Calibration certificate

CERTIFICADO: V 1375

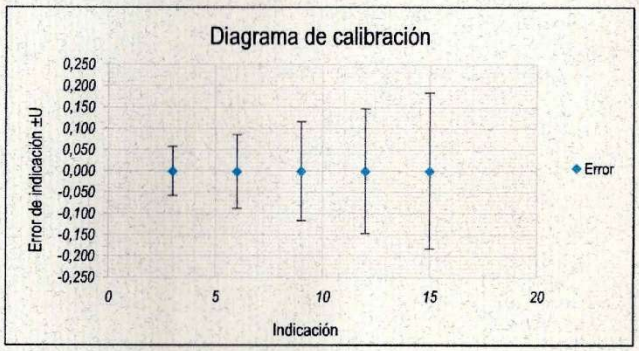
Laboratorio de masas y balanzas

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

PRUEBA DE ERROR DE INDICACIÓN

Carga Nominal	Indicación creciente	Error	Factor de cobertura	U
kg	kg	kg	$k_{95\%}$	kg
3	3	0,000	2,000	0,058
6	6	-0,001	2,000	0,087
9	9	0,00	2,000	0,12
12	12	0,00	2,000	0,15
15	15	0,00	2,000	0,18

GRÁFICO



FIN DE CERTIFICADO

ROSSEMBERG INGENIERÍA S.A.S
Cra 65 No 70 A-09
Bogotá - Colombia

Pagina 4 de 4



DocuSign Envelope ID: 0619BBC6-9B54-4A63-9CFA-CECADBEB5CE5

BUREAU VERITAS Certification

QATRO S.A.S.

Entidad Contratante: Carrera 55 No.152 B – 68 Oficina 705 Edificio Maz
Bogotá, D.c., Colombia

BVQI Colombia Ltda. certifica que el Sistema de Gestión de la organización ha sido auditado y se ha encontrado conforme con los requerimientos de las normas de Sistema de Gestión que se detallan a continuación

ISO 9001:2015

Alcance de Certificación

SERVICIOS DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA ORIENTADOS A LA CONSULTORÍA, PATOLOGÍA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES.

Fecha de Inicio del Ciclo Original de Certificación:	**09 abril 2024**
Fecha de Vencimiento del ciclo previo:	**N/A**
Fecha de Auditoria de Certificación:	**26 febrero 2024**
Fecha de Inicio del ciclo de Certificación:	**09 abril 2024**

Sujeto a la operación continua y satisfactoria del Sistema de Gestión de la organización, este certificado vence el: **08 abril 2027**

Certificado No. **CO24.06135** Versión: **No. 1** *Fecha de Revisión:* **09 abril 2024**

DocuSigned by:
Carolina Prieto
EA7334FADEA34B1...

Carolina Prieto Carranza
Gerente Técnico

BUREAU VERITAS Certification

ONAC ACREDITADO

ISO/IEC 17021-1:2015
10-CSG-007

Oficina Local: *BVQI Colombia Ltda. Carrera 16 No 97-40 Torre 1 Oficina 401. Bogotá D.C. – Colombia*

Cualquier aclaración adicional relativa al alcance de este certificado y a la aplicabilidad de los requerimientos del Sistema de Gestión, puede obtenerse consultando a la organización.

Para comprobar la validez del certificado, por favor escanear el Código QR. Cualquier modificación total o parcial por cualquier medio al registro original hará que pierda su validez.

Local Certificate Template single site rev2.8 1 / 1 25 enero 2022