EMPRESA DE RENOVACIÓN Y DESARROLLO URBANO DE BOGOTÁ
Transformamos ciudad

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.
BOGOTÁ MEJOR PARA TODOS

# ESTRUCTURACIÓN DE UN ESQUEMA DE NEGOCIO A PARTIR DE SUS COMPONENTES TÉCNICO, LEGAL Y ECONÓMICO-FINANCIERO PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO BRONX DISTRITO CREATIVO - BDC, EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C., Y ASESORÍA DURANTE LA SELECCIÓN DEL OPERADOR EJECUTOR DE ESTE ESQUEMA Y SU INTERVENTORÍA INTEGRAL.

## DETERMINACIÓN ESTADO ACTUAL CASA MUSEO

CONSORCIO BDC
iceacsa COLOMBIA
BONUS BANCA DE INVERSIÓN

diciembre de 2019

| | |
|---|---|
| **Contrato:** | Estructurar un esquema de negocio a partir de sus componentes técnico, legal, económico y financiero para el desarrollo del proyecto Bronx Distrito Creativo, en la ciudad de Bogotá D.C. y asesorar la selección del operador ejecutor de este esquema |
| **Cliente:** | Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá |
| **Referencia:** | Contrato No. 1 de 2019. |
| **Productos:** | Determinación estado actual casa museo |
| **Folios / Anexos:** | Informe contiene 73 páginas |

## HISTORIA DE ENVÍOS:

| N.º Envío: | Fecha: | Detalles: |
|---|---|---|
| Versión 0.1 | 18/07/2019 | Primera versión para revisión interna. |
| Versión 0.2 | 05/08/2019 | Primera versión para entrega al cliente |
| Versión 0.3 | 05/12/2019 | Versión Final |

## DISCLAIMER

Este Informe fue desarrollado por Consorcio BDC para la Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá, en el marco del Contrato No. 01 de 2019, cuyo objeto es la estructuración integral del proyecto de diseño, permisos y licencias, construcción y operación del Bronx Distrito Creativo, en la ciudad de Bogotá. Cualquier error o imprecisión que se detecte en la información empleada podrá implicar una modificación en los resultados.

## CONTENIDO

**1. INTRODUCCIÓN ..... 7**

**2. OBJETIVO DEL CONTRATO ..... 8**

**3. LOCALIZACIÓN ..... 9**

**4. DEFINICIONES TÉCNICAS ..... 10**

**5. DESCRIPCIÓN GENERAL ..... 11**

**6. METODOLOGÍA ..... 14**

**6.1. Levantamiento de lesiones ..... 14**

**7. ENSAYOS REALIZADOS ..... 19**

**7.1. Inspección visual ..... 19**

**7.2. Ensayo de resistencia a la compresión simple de núcleos de concreto ..... 19**

**7.3. Distribución del acero de refuerzo ..... 21**

**7.4. Ensayo de carbonatación ..... 23**

**7.5. Verificación del avance de la carbonatación ..... 24**

**8. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL ..... 25**

**8.1. Estructura ..... 25**

**8.2. Infraestructura ..... 30**

**8.3. Resultado de profundidad del frente de carbonatación ..... 31**

**8.4. Resultados de los núcleos ..... 33**

**8.5. Resultado ensayo de compresión ..... 33**

**8.6. Resultado apique a la cimentación ..... 35**

**8.7. Resultados de las regatas ..... 36**

**8.8. Resultado ultrasonido en núcleos ..... 44**

**8.9. Magneto detección del acero ..... 47**

**9. ANÁLISIS DE RESULTADOS ..... 50**

**9.1. Profundización de carbonatación ..... 50**

**9.2. Compresión ..... 50**

**9.3. Análisis estructural ..... 51**

9.3.1. Modelo matemático ..... 52

9.3.2. Aplicación de cargas ..... 59

**9.4. Encuadre Sísmico ..... 63**

**9.5. Participación de masa y cortante basal ..... 64**

**9.6. Límites de flexibilidad ..... 65**

**9.7. Relación entre demanda y capacidad ..... 67**

**9.8. Muros ..... 67**

**9.9. Vigas ..... 70**

**10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 71**

**10.1. Materiales ..... 71**

**10.2. Estructura ..... 71**

**11. BIBLIOGRAFÍA ..... 73**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Localización del edificio Casa Museo ..... 9
Figura 2 Vista superior del elemento ..... 11
Figura 3 Vista superior del elemento ..... 12
Figura 4 Fachada Frontal ..... 12
Figura 5 Fachada lateral ..... 13
Figura 6 Planta segundo nivel ..... 13
Figura 7 Concepto de vida útil ..... 14
Figura 8 Extracción de núcleos columna piso 2 ..... 19
Figura 9 Procedimiento de extracción ..... 20
Figura 10 Revoque sobre columna piso 1 ..... 20
Figura 11 Procedimiento de extracción de núcleo y viga ..... 20
Figura 12 Pacómetro Bosh usado en la prueba ..... 21
Figura 13 Regata sobre viga ..... 22
Figura 14 Verificación de diámetros ..... 22
Figura 15 Regata en columnas ..... 22
Figura 16 Prueba de carbonatación ..... 24
Figura 17 Humedad en zona de baño, por deterioro de la cubierta ..... 25
Figura 18 Humedades en zona de baño, por deterioro de la cubierta ..... 26
Figura 19 Cerramiento temporal abierto ..... 26
Figura 20 Desprendimiento de mortero en fachada principal ..... 27
Figura 21 Desprendimiento de madera en entrepiso ..... 27
Figura 22 Daños en elementos de entrepiso ..... 28
Figura 23 Humedades y acero expuesto en zona de escalera ..... 28
Figura 24 Desprendimientos de mortero en patio posterior ..... 29
Figura 25 Daños generados en el entrepiso ..... 29
Figura 26 Pérdida de revoque en fachada ..... 30
Figura 27 Vista general del apique realizado ..... 30
Figura 28 Resultado de carbonatación en núcleos 1 ..... 31
Figura 29 Resultado de carbonatación en núcleos 2 ..... 32
Figura 30 Registro de entrega de muestras al laboratorio ..... 33
Figura 31 Resultados del ensayo a compresión en vigas y columnas ..... 34
Figura 32 Resultados del ensayo a compresión en la cimentación ..... 34
Figura 33 Resultados del ensayo a compresión ..... 35
Figura 34 Apique manual ..... 35
Figura 35 Resultado regata 1 ..... 36
Figura 36 Resultado regata 2 ..... 36
Figura 37 Resultado regata 1 Resultado regata 3 ..... 37
Figura 38 Resultado regata 4 ..... 37
Figura 39 Resultado regata 5 ..... 38

Figura 40 Resultado regata 6 ..... 38
Figura 41 Resultado regata 7 ..... 39
Figura 42 Resultado regata 8 ..... 39
Figura 43 Resultado regata 9 ..... 40
Figura 44 Resultado regata 10 ..... 40
Figura 45 Resultado regata 11 ..... 41
Figura 46 Resultado regata 12 ..... 41
Figura 47 Resultado regata 13 ..... 42
Figura 48 Resultado regata 14 ..... 42
Figura 49 Resultado regata 15 ..... 43
Figura 50 Resultado regata 16 ..... 43
Figura 51 Resultado ultrasonido 1 ..... 44
Figura 52 Resultado ultrasonido 2 ..... 45
Figura 53 Resultado ultrasonido 3 ..... 46
Figura 54 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel ..... 47
Figura 55 Scan del refuerzo en viga tercer nivel ..... 47
Figura 56 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel ..... 47
Figura 57 Scan del refuerzo en viga segundo nivel ..... 48
Figura 58 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel ..... 48
Figura 59 Scan del refuerzo en viga segundo nivel ..... 48
Figura 60 Scan del refuerzo en viga segundo nivel ..... 49
Figura 61 Scan del refuerzo en viga segundo nivel ..... 49
Figura 62 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel ..... 49
Figura 63 Resultado compresión ..... 50
Figura 64 Isometría modelo estructural casa museo ..... 52
Figura 65 Propiedades mecánicas de los materiales ..... 53
Figura 66 Propiedades de elementos tipo shell ..... 54
Figura 67 Propiedades de elementos tipo “frame” ..... 55
Figura 68 Casos de carga definidos al modelo ..... 56
Figura 69 Combinaciones de carga definidas al modelo ..... 56
Figura 70 Asignación de piers piso 1 ..... 57
Figura 71 Asignación de piers piso 2 ..... 57
Figura 72 Asignación de piers piso 3 ..... 58
Figura 73 Asignación de piers piso 4 ..... 58
Figura 74 Aplicación de carga muerta en piso 1 (kN/m2) ..... 59
Figura 75 Aplicación de carga viva en piso 1 (kN/m2) ..... 59
Figura 76 Aplicación de carga muerta en piso 2 (kN/m2) ..... 60
Figura 77 Aplicación de carga viva en piso 2 (kN/m2) ..... 60
Figura 78 Aplicación de carga muerta en piso 3 (kN/m2) ..... 61
Figura 79 Aplicación de carga viva en piso 3 (kN/m2) ..... 61
Figura 80 Aplicación de carga muerta en piso 4 (kN/m2) ..... 62
Figura 81 Aplicación de carga viva en piso 4 (kN/m2) ..... 62
Figura 82 Parámetros sísmicos de diseño para zona de Piedemonte B ..... 63

Figura 83 Espectro sísmicos de Piedemonte B ..... 63
Figura 84 Participación de masa para estado dinámico ..... 64
Figura 85 Ajuste cortante basal ..... 64
Figura 86 Derivas por 100% spec X y 30% spec Y ..... 65
Figura 87 Derivas e índice de flexibilidad en dirección X ..... 65
Figura 88 Derivas por 100% Spec Y 30% spec X ..... 66
Figura 89 Derivas e índice de flexibilidad en dirección Y ..... 66
Figura 90 Estado de “piers” según índice de sobreesfuerzo ..... 68
Figura 91 Estado de “piers” según índice de sobreesfuerzo ..... 69
Figura 92 Estado de vigas según índice de sobreesfuerzo a flexión ..... 70
Figura 93 Estado de vigas según índice de sobreesfuerzo a cortante ..... 70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorías y clases de exposición ..... 16
Tabla 2 Tipos de ambiente según NTC durabilidad estructuras de concreto ..... 16
Tabla 3 Requisitos para durabilidad Resistencia mínima de diseño a compresión (MPa) ..... 17
Tabla 4 Control de agrietamiento NTC (2) ..... 17
Tabla 5 Control de agrietamiento NTC (3) ..... 17
Tabla 6 Resumen Técnicas de intervención ..... 18
Tabla 7 Resumen calificación de daños ..... 18
Tabla 8 Sistema estructural de muros de carga ..... 51
Tabla 9 Valores de $\phi c$ y $\phi e$ ..... 67

# 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presentan los resultados de la inspección detallada del edificio Casa Museo en el sector del Bronx en el barrio Voto Nacional en Bogotá D.C. Con miras a determinar la calidad de los materiales componentes, su durabilidad y las posibles lesiones que puedan afectar la estabilidad de la edificación. Finalmente, generar recomendaciones para su intervención.

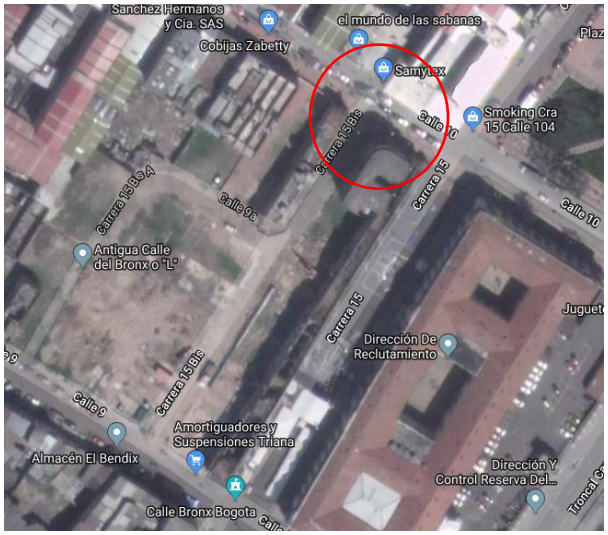
## 2. OBJETIVO DEL CONTRATO

Realizar el estudio de patología estructural del edificio Casa museo, el cual comprende el levantamiento detallado de la estructura, levantamiento de lesiones, caracterización mecánica y física de los materiales componentes y recomendaciones de reparación y/o rehabilitación.

## 3. LOCALIZACIÓN

El edificio en estudio se encuentra ubicado entre las Calle 9 y 10 con carrera 15, sector del Bronx en el barrio Voto Nacional de la ciudad de BOGOTA D.C.

Figura 1 Localización del edificio Casa Museo




Fuente: Wikipedia.org

## 4. DEFINICIONES TÉCNICAS

**Descascaramiento:** Pérdida puntual del recubrimiento de concreto en un elemento.
**Eflorescencia:** Presencia de sales que migran al exterior de un concreto sometido a procesos de humedecimiento y secado, especialmente por agua lluvia. La eflorescencia se manifiesta con manchas de color blanco.
**Corrosión:** destrucción del refuerzo debido a reacción química, electroquímica electrolítica con el medio ambiente.
**Delaminación**: Desprendimiento de partes de concreto cercanas
**Desprendimientos:** Es la separación entre un material de cavado y el soporte al que esta aplicado por falta de adherencia entre ambos y suele producirse como consecuencia de lesiones previas como humedades, deformaciones o grietas
**Erosiones mecánicas:** Son las pérdidas de material superficial debidas a esfuerzos mecánicos, como golpes o rozaduras.
**Organismos:** tanto los organismos animales como vegetales pueden llegar a afectar la superficie de los materiales y sus componentes. Su proceso patológico es fundamentalmente químico, puesto que se segregan sustancias que alteran la estructura química del material donde se alojan, pero también su estructura física
**Fisuras:** Son aberturas longitudinales que afectan a la superficie o al acabado de un elemento constructivo. Aunque su sintomatología es similar a la de las grietas, su origen y evolución son distintos y en algunos casos se considera una etapa previa a la aparición de las grietas.
**Causa de la lesión:** si la lesión es la que origina el proceso patológico, la causa es el primer objeto de estudio porque es el verdadero origen de las lesiones. Un proceso patológico no se resolverá hasta que no se elimine su causa. Estas se dividen en dos grupos:

> **Directas:** cuando don el origen inmediato del proceso patológico, como esfuerzos mecánicos, agentes atmosféricos, contaminación, etc.
> **Indirectas:** cuando se trata de errores y defectos de diseño o ejecución, son las que primero se deben tener en cuenta a la hora de prevenir.

## 5. DESCRIPCIÓN GENERAL

Se trata de una estructura de cuatro niveles, compuesto por un sistema estructural combinado conformado por sectores de pórticos en concreto con vigas y columnas y muros de carga de mampostería simple con un entrepiso en madera, el cual no se considera que conforme un diafragma estructural.

La zona conocida como El Bronx se encuentra entre las calles 9 y 10 y las carreras 15 y 15 A. Durante años tuvo un carácter residencial y de comercio mayorista. Sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX sufrió un fuerte proceso de deterioro, luego del evento conocido como El Bogotazo. Tras el desmonte de la vecina calle de El Cartucho, El Bronx pasó a ser el principal centro de expendio y consumo de drogas[1]. Aunque no se tiene una fecha de construcción de la edificación, se estima que data de los 1920 como algunas de sus edificaciones vecinas.

Tipología estructural: Sistema de pórticos en concreto reforzado y muros de carga en mampostería no reforzada.
Altura del edificio: 14.00m
Área construida: 284 m2 por piso con un total de 1164 m2
Número de pisos: 4pisos

Figura 2 Vista superior del elemento



Fuente: Elaboración propia

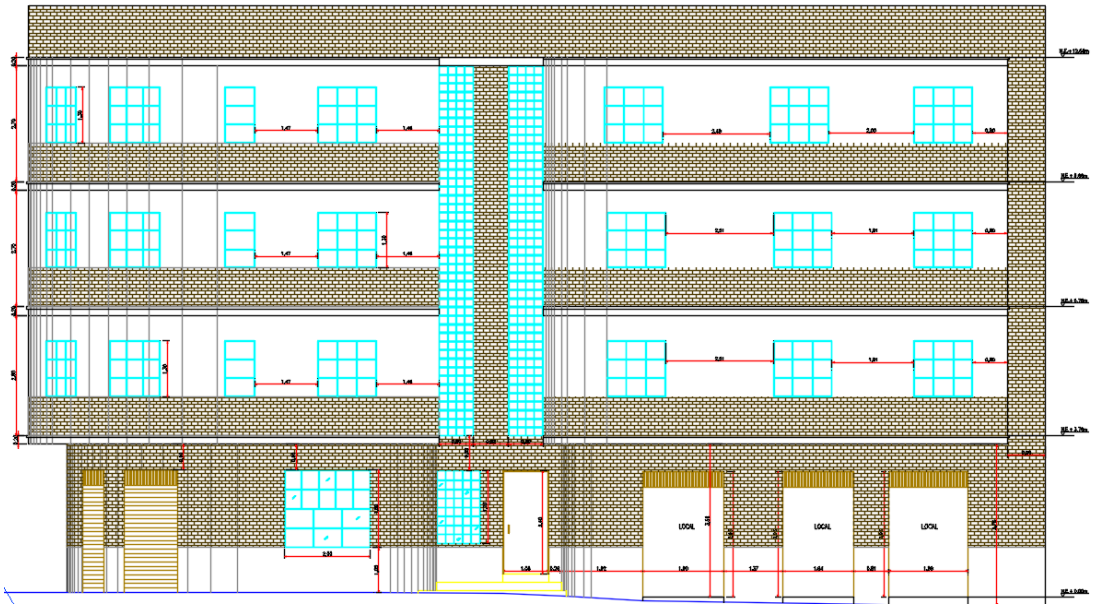
[1] Tomado de Wikipedia

Figura 3 Vista superior del elemento



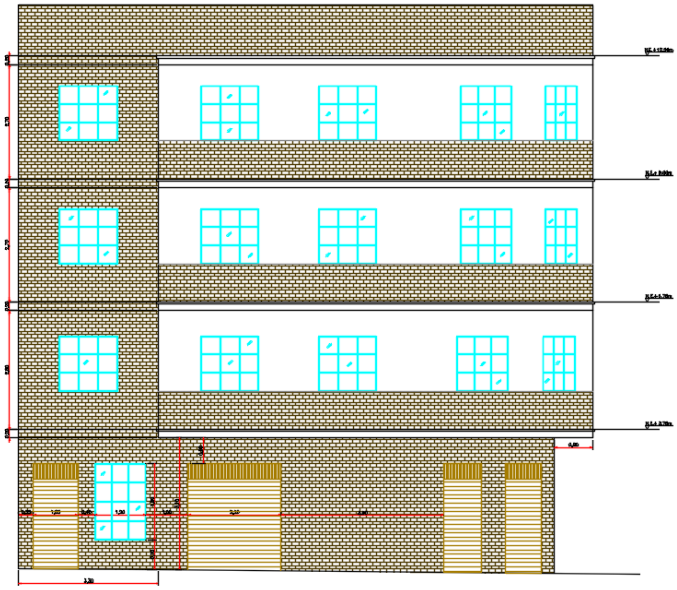
Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Fachada Frontal



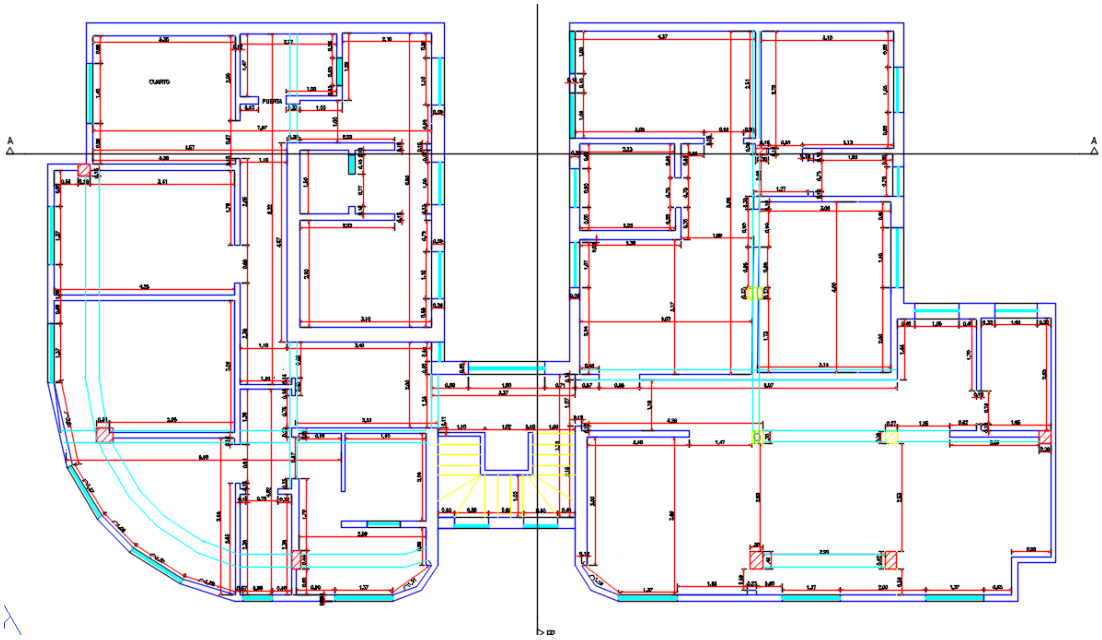

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Fachada lateral



Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Planta segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

# 6. METODOLOGÍA

Para la ejecución de este estudio se realizaron visitas de reconocimiento por parte de un ingeniero especialista en patología en el mes de junio de 2019. Adicionalmente, se programaron las actividades y ensayos a realizar en él y posteriormente fueron llevadas a cabo.
Entre las actividades programadas se encuentran la inspección visual y los ensayos que se mencionan a continuación:

- Extracción de Doce (12) núcleos de concreto para la estimación de la resistencia a la compresión.
- Elaboración de Dieciséis (16) regatas
- Ensayo de carbonatación sobre núcleos extraídos
- Apique a la cimentación

Se realizaron los ensayos de laboratorio y se analizó la información recopilada para la entrega final de resultados.
La descripción detallada de estos ensayos y los resultados obtenidos se mostrarán en los capítulos siguientes de este informe.

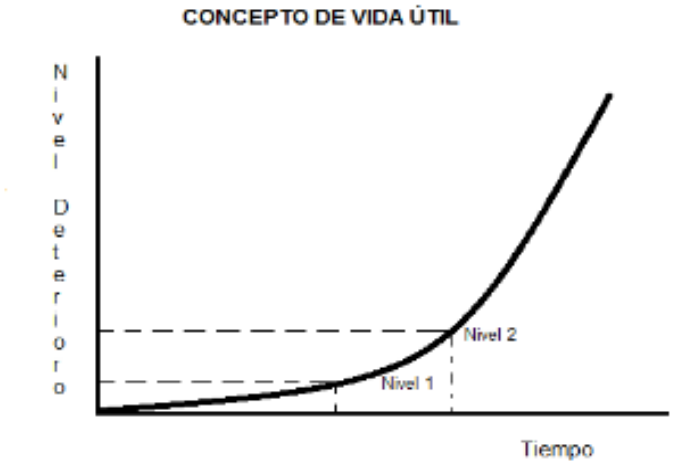
## 6.1. Levantamiento de lesiones

Para el levantamiento de las lesiones encontradas y la clasificación de los daños existentes en el edificio Casa Museo, se tomó como referencia principal LA NORMA SISMORESRISTENTE COLOMBIANA NSR10; A continuación, se presentan las tablas de clasificación que se tuvo en cuenta y apartes de la norma NSR10 con las cuales se realizó las fichas de auscultación:

**NSR-10 REQUISITOS DE DURABILIDAD**

"La durabilidad de una estructura de concreto es la capacidad de comportarse satisfactoriamente frente a las acciones físicas, químicas o físico - químicas agresivas y proteger adecuadamente las armaduras y demás elementos metálicos embebidos en el concreto durante su vida útil."
Vida útil: Período de tiempo al cual se alcanzará un nivel establecido de deterioro.

Figura 7 Concepto de vida útil




Fuente: JGG

Aunque el hormigón de una clase de resistencia mayor es, en casi todos los casos, más durable que el hormigón de una clase de resistencia más baja, la resistencia a compresión per se no es una medida completa de la durabilidad del mismo, porque la durabilidad depende fundamentalmente de las propiedades de las capas superficiales del elemento de hormigón, que tiene una influencia relativamente pequeña en la resistencia a compresión

Es incorrecto asociar durabilidad del concreto con resistencia. Es más apropiado asociarla con permeabilidad.

*"Dada la diversidad de factores, tanto internos como externos que afectan el comportamiento del concreto desde el punto de vista durabilidad y la forma sinérgica como actúan, no es posible, con el nivel de conocimientos existentes actualmente en nuestro medio, poder predecir con un grado de aproximación aceptable desde un punto de vista práctico, el período de vida útil de una estructura de concreto. Los modelos matemáticos para predecir vida útil son, en general, bastante complejos, al involucrar numerosos factores. Adicionalmente, casi todos establecen unos coeficientes de afectación, los cuales deben ser establecidos mediante investigaciones previas, manteniendo invariables los demás factores y modificando únicamente el parámetro seleccionado (v.g. contenido se sulfatos). En nuestro medio distamos mucho de contar con tales factores de calibración".*

*Lo que sí es factible, y de otra manera responsable, es tomar una serie de previsiones y emprender una serie de acciones, para alcanzar un alto nivel de durabilidad, sin incurrir en costos elevados o imprevistos de mantenimiento o reparación. Además, es importante reconocer que la durabilidad de una construcción es una realidad que se alcanza no solamente con la obtención o uso de un material relativamente durable, puesto que depende en muy buena medida de un proyecto, una ejecución y un mantenimiento que hayan tenido en cuenta esa meta de obtención de durabilidad.*[2]

Control de agrietamiento NTC 5551 Durabilidad del Concreto Reforzado:" La presencia de fisuras en el concreto no implica necesariamente una disminución en la durabilidad o condiciones de uso de una construcción. No obstante, es indispensable que la construcción no vea afectado su comportamiento por la presencia de fisuras. "
Las categorías de concreto según el tipo de exposición que plantea el ACI 318-08 son:

| Categoría | Tipo de exposición |
|---|---|
| **F** | Exposición a ciclos de congelamiento-descongelamiento |
| **S** | Exposición a sulfatos |
| **P** | Concreto en contacto con agua, requiriendo baja permeabilidad |
| **C** | Condiciones de protección contra corrosión del refuerzo |

[2] *(Proyecto canoas: Concreto de dovelas para el túnel "Lineamientos para la investigación de optimización de su durabilidad" Gabriel Gómez, marzo 2010)*

Tabla 1 Categorías y clases de exposición

**TABLA C.4.2.1 — CATEGORIAS Y CLASES DE EXPOSICIÓN**

| Categoría | Severidad | Clase | Condición | |
|---|---|---|---|---|
| F Congela-miento y deshielo | No es aplicable | F0 | Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo | |
| | Moderada | F1 | Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad | |
| | Severa | F2 | Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto continuo con la humedad | |
| | Muy severa | F3 | Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto continuo con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes | |
| S Sulfato | | | Sulfatos solubles en agua $(SO_4)$ en el suelo, % en peso | Sulfato $(SO_4)$ disuelto en agua, ppm |
| | No aplicable | S0 | $SO_4 < 0.10$ | $SO_4 < 150$ |
| | Moderada | S1 | $0.10 \leq SO_4 <$ | $150 \leq SO_4 < 1500$ agua marina |
| | Severa | S2 | $0.20 \leq SO_4 \leq$ | $1500 \leq SO_4 \leq 10000$ |
| | Muy severa | S3 | $SO_4 > 2.00$ | $SO_4 > 10000$ |
| P Requiere baja permea-bilidad | No aplicable | P0 | En contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad | |
| | Requerida | P1 | En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad | |
| C Protección del refuerzo para la corrosión | No aplicable | C0 | Concreto seco o protegido contra la humedad | |
| | Moderada | C1 | Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros | |
| | Severa | C2 | Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen | |

Fuente: NSR10

Tabla 2 Tipos de ambiente según NTC durabilidad estructuras de concreto

| CLASE | TIPO DE PROCESO |
|---|---|
| 1 | Ningún riesgo de corrosión o ataque |
| 2 | Corrosión inducida por carbonatación |
| 3 | Corrosión inducida por cloruros agua de mar |
| 4 | Corrosión inducida por cloruros dif. agua de mar |
| 5 | Ataque por ciclos de hielo-deshielo |
| 6 | Ataque químico |
| 7 | Desgaste |

Fuente: JGG

Tabla 3 Requisitos para durabilidad Resistencia mínima de diseño a compresión (MPa)

| **Tipo concre** | 1 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 5.1 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reforzado preesforzado | - | 24.5 | 28 | 28 | 28 | 35 | 35 | 28 | 28 | 35 | 31 | 31 | 35 | 35 | 28 |

Fuente: JGG

Tabla 4 Control de agrietamiento NTC (2)

- Para elementos de concreto reforzado, se especifican las siguientes aberturas máximas de fisura (mm). Según el tipo de ambiente así:

| Tipo de Ambiente | 1 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 3.1 | 3.2 | 3.3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abertura máx. de fisuras (mm) | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |

Fuente: JGG

Tabla 5 Control de agrietamiento NTC (3)

- Para elementos de concreto reforzado, se especifican las siguientes aberturas máximas de fisura (mm). Según el tipo de ambiente así:

| Tipo de Ambiente | 4.1 | 4.2 | 4.3 | 5 | 6.1 | 6.2 | 6.3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abertura máx. de fisuras (mm) | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 |

Fuente: JGG

Tabla 6 Resumen Técnicas de intervención

| Actividades de reparación | NOMENCLATURA |
|---|---|
| Anclajes con gel epóxico | A1 |
| Aplicación de mortero de reparación para aplicación en bajos espesores > 5 mm | A2 |
| Aplicación de mortero de reparación para aplicación en bajos espesores 1-5 mm | A3 |
| Aplicación de pintura para Anticorrosiva | A4 |
| Aplicación de recubrimiento acrílico | A5 |
| Aplicación de recubrimiento de tipo cementicio | A6 |
| Aplicación Inhibidor de corrosión por impregnación | A7 |
| Colocación de barandas de protección peatonal | A8 |
| Concreto de baja retracción para reparación | A9 |
| Demolición de concreto | A10 |
| Escarificación de la superficie del concreto | A11 |
| Grout cementicio para la inyección de grietas y anclajes. | A12 |
| Inyección de fisuras con resinas de baja viscosidad | A13 |
| Limpieza por hidrolavado | A14 |
| Limpieza y protección del acero de refuerzo | A15 |
| Mantenimiento limpieza de material contaminante | A16 |
| Membrana de curado | A17 |
| Puente de adherencia epóxico | A18 |
| Reemplazo de barras de acero | A19 |
| Reemplazo de neopreno de junta de expansión 2.5 cm | A20 |
| Remoción y colocación de carpeta asfáltica en 5 cm | A21 |
| Remplazo o instalación de neoprenos de los apoyos | A22 |
| Reparación de junta de expansión 2.5 cm | A23 |
| Suministro e instalación de desagues en tubería PVC 4" | A24 |
| Suministro e instalación de concreto para recalces de elementos. Incluye colocación de formaletas. | A25 |
| Suministro, figurado, transporte y colocación de acero de refuerzo. | A26 |
| Suministro e instalación de barras GFRP para anclar los sistemas FRP, incluye pasta epóxica. | A27 |
| Junta elástica expansiva nucleada estructural | A28 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Resumen calificación de daños

| Clasificación |
|---|
| Calificación 0-1-2 |
| Calificación 3 |
| Calificación 4 |
| Calificación 5 |

Fuente: Elaboración propia

# 7. ENSAYOS REALIZADOS

## 7.1. Inspección visual

Esta inspección tiene como objetivo describir el estado actual de la edificación, así como dar a conocer las lesiones estructurales existentes.

Para la inspección se utilizó el equipo de protección personal que consiste en casco, botas, gafas, guantes, tapa oídos, tapa bocas, arnés y las herramientas necesarias para la inspección tales como: cámara fotográfica, binoculares, formatos para información, cinta métrica, flexómetro, escaleras, andamios, entre otros.

Se realizó el levantamiento de las fisuras, suciedades, hongos entre otras patologías. Con la información recopilada se procedió a clasificar y caracterizar cada patología de acuerdo con el sitio donde se presentó y la posible causa. También se determinó el estado de los apoyos de las vigas en los estribos, así como de las juntas y finalmente se obtuvo una calificación de cada lesión.

## 7.2. Ensayo de resistencia a la compresión simple de núcleos de concreto

Este ensayo tiene como objetivo la extracción de núcleos de un elemento de concreto bajo la norma NTC 3658, los cuales se utilizan posteriormente para determinar la resistencia a la compresión de este. Un núcleo de concreto es una muestra cilíndrica que se obtiene por medio de un taladro de rotopercusión, por el tamaño de los agregados y la distribución del acero de refuerzo en los elementos, se optó por una broca de 2" de diámetro. Una vez extraído el núcleo, éste se envía al laboratorio donde se cortan los extremos con el fin de obtener superficies adecuadas para el ensayo de compresión, el cual se ejecuta posteriormente bajo la norma NTC 673.

El cálculo de la resistencia esperada se basa en las recomendaciones ACI 437 así:

- Si el coeficiente de variación de las tres muestras obtenidas es mayor que 14%, se procederá a desestimar la muestra y la resistencia será el menor valor de la siguiente estimación.
- El resultado de estimación será:

$$f'_c = \frac{Menor\ Valor}{0{,}75}$$

$$f'_c = \frac{Promedio}{0{,}85}$$

Figura 8 Extracción de núcleos columna piso 2



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Procedimiento de extracción



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Revoque sobre columna piso 1



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Procedimiento de extracción de núcleo y viga



Fuente: Elaboración propia

## 7.3. Distribución del acero de refuerzo

La determinación del recubrimiento del acero de refuerzo, localización, características geométricas y separación del refuerzo dentro de las estructuras de concreto reforzado, mediante ensayos no destructivos, los realizamos mediante el uso de un Pacómetro que basa su funcionamiento en la reluctancia magnética, capaz de localizar con exactitud barras de refuerzo. El método consiste en desplazar el sensor por la superficie del elemento estructural que se esté analizando para conocer la ubicación del refuerzo, al detectarlo, el sensor emite una señal indicando la presencia del acero y a su vez indica el recubrimiento asociado a esa barra.

Para verificar los tipos y diámetros de las barras de refuerzo se hicieron regatas, donde se observaron algunas características del refuerzo, que se describirán en capítulos posteriores.

El recubrimiento es uno de los parámetros más importantes en la patología estructural, sobre todo en lo relacionado con la durabilidad de la estructura. Lo anterior se fundamenta en que la ausencia de recubrimiento está directamente relacionada con la aparición de posibles problemas patológicos tales como la corrosión del acero, además de que el elemento presenta mayor vulnerabilidad a la penetración de las sales de cloruro y el desarrollo de la carbonatación.

El Pacómetro permite localizar el refuerzo para evitar dañarlo durante una extracción de núcleo y permite a su vez, realizar las regatas sin afectar el acero al realizar el corte con la tronzadora.

Figura 12 Pacómetro Bosh usado en la prueba



Fuente: Elaboración propia

Figura 13 Regata sobre viga



Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Verificación de diámetros



Fuente: Elaboración propia

Figura 15 Regata en columnas



Fuente: Elaboración propia

## 7.4. Ensayo de carbonatación

Tiene el propósito de evaluar el avance de la carbonatación en el hormigón por el método de vía húmeda con solución de indicador ácido-base, se realiza in situ tan pronto como se haya perforado el concreto para la realización de la prueba, evitando que se alteren los resultados.

Se aplica solución indicadora ácido-base: fenolftaleína (1g de fenolftaleína + 49g de alcohol + 50g de agua) sobre los núcleos extraídos y se evalúa la profundidad de carbonatación sobre el mismo. El indicador está diseñado para cambiar de color en ambientes con PH superiores a 9,5.

La carbonatación del hormigón es una de las causas de la corrosión del acero de refuerzo, porque el ambiente alcalino, que protege al acero, se vuelve más neutro (cae el pH de 12,5 a 10).

La manera en que se realizó la prueba fue impregnar la solución mediante un rociador sobre los testigos normalizados y sobre las regatas. Las áreas carbonatadas del concreto no cambiarán de color, mientras que las áreas que no lo estén adquirirán un color fucsia intenso. El ensayo también puede utilizarse en el espacio que queda después de haber obtenido el núcleo de concreto.

Figura 16 Prueba de carbonatación



Fuente: Elaboración propia

## 7.5. Verificación del avance de la carbonatación

Para esta verificación se utiliza la Ecuación 2 (Da Silva, 2002). Basados en los resultados obtenidos en campo, en los cuales se pudo medir el avance la carbonatación, y conociendo el tiempo que lleva en servicio el puente, podemos calcular la constante *k*, con la cual se puede calcular el tiempo requerido para que el avance de la carbonatación alcance el acero de refuerzo.

$$x = k\sqrt{t}$$

# 8. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL

Se realizó la exploración general de la estructura y la auscultación de esta, su estado general es bueno, se inspeccionó todo el concreto expuesto para determinar la existencia y magnitud de las posibles grietas o fisuras y en general cualquier deterioro de sus componentes, que puedan comprometer su seguridad, su nivel de servicio y su durabilidad. El resultado de dicha inspección es el siguiente:

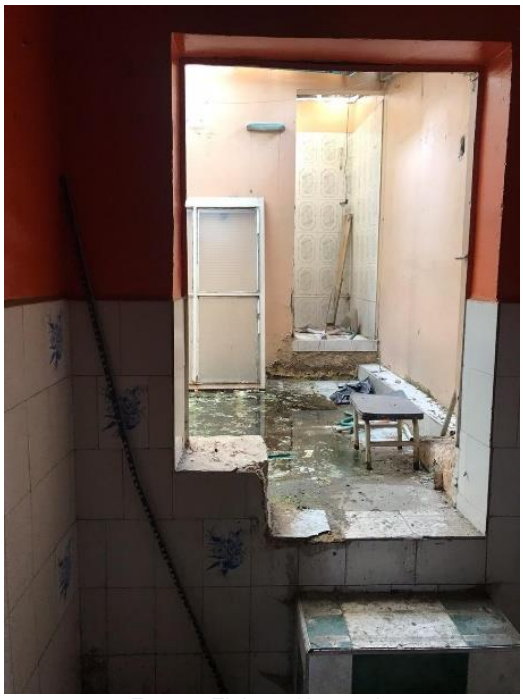
## 8.1. Estructura

La edificación se encuentra deshabitada, presenta diferentes deterioros por acciones físicas y mecánicas, propios de una estructura en abandono afectada a su vez por saqueo en sus elementos.

No se evidencian fisuras por acciones mecánicas, salvo en una fisura que se genera en la viga curva del tercer nivel.

A nivel de entrepiso, existen varias zonas en las cuales se ha perdido la losa inferior por efectos de humedad, dejando expuesto el refuerzo en guadua inferior del entrepiso en madera, este a su vez presenta deterioros por efecto de humedad y por daños causados por acciones antrópicas.

Figura 17 Humedad en zona de baño, por deterioro de la cubierta



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Humedades en zona de baño, por deterioro de la cubierta



Fuente: Elaboración propia

Figura 19 Cerramiento temporal abierto



Fuente: Elaboración propia

Figura 20 Desprendimiento de mortero en fachada principal



Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Desprendimiento de madera en entrepiso



Fuente: Elaboración propia

Figura 22 Daños en elementos de entrepiso



Fuente: Elaboración propia

Figura 23 Humedades y acero expuesto en zona de escalera



Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Desprendimientos de mortero en patio posterior



Fuente: Elaboración propia

Figura 25 Daños generados en el entrepiso



Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Pérdida de revoque en fachada



Fuente: Elaboración propia

## 8.2. Infraestructura

La estructura presenta una cimentación superficial que consiste en zapatas aisladas, como se muestra en la figura:

Figura 27 Vista general del apique realizado



Fuente: Elaboración propia

## 8.3. Resultado de profundidad del frente de carbonatación

Figura 28 Resultado de carbonatación en núcleos 1

| | FRENTE DE CARBONATACIÒN | | | FOR -016 |
|---|---|---|---|---|
| | PROEYECTO: | Patología Casa Museo | | |
| Consecutivo | FOTO | LOCALIZACION | PROFUNDIDAD CARBONATACIÒN (mm) | RECUBRIMIENTO (mm) |
| N1-COL-BX |  | COLUMNA PISO 1 | 0,0 | 30 |
| N2-COL-BX |  | COLUMNA PISO 1 | 0,0 | 32 |
| N3-COL-BX |  | COLUMNA PISO 4 | 0,0 | 50 |
| N4-VIG-BX |  | VIGA PISO 2 | 0,0 | 20 |
| N5-COL-BX |  | COLUMNA PISO 2 | 0,0 | 40 |
| Elaboró | Ing. Rafael Romero | | | Fecha: 27/06/2019 |
| REVISÓ | Ing. Carlos Rodríguez | | | Fecha: 27/06/2019 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 29 Resultado de carbonatación en núcleos 2

| | FRENTE DE CARBONATACIÒN | | | FOR -016 |
|---|---|---|---|---|
| | PROEYECTO: | Patología Casa Museo | | |
| Consecutivo | FOTO | LOCALIZACION | PROFUNDIDAD CARBONATACIÒN (mm) | RECUBRIMIENTO (mm) |
| N6-COL-BX |  | COLUMNA PISO 2 | 0,0 | 40 |
| N7-VIG-BX |  | VIGA PISO 3 | 0,0 | 30 |
| N8-VIG-BX |  | VIGA PISO 3 | 0,0 | 30 |
| N9-COL-BX |  | COLUMNA PISO 3 | 0,0 | 50 |
| N10-VIG-BX |  | VIGA PISO 4 | 0,0 | 30 |
| Elaborò: | Ing. Rafael Romero | | | Fecha: 27/06/2019 |
| REVISÓ | Ing. Carlos Rodríguez | | | Fecha: 27/06/2019 |

Fuente: Elaboración propia

## 8.4. Resultados de los núcleos

Sobre la estructura se tomaron doce (12) núcleos de concreto de 2. A continuación se muestran las características de las muestras y los resultados de los ensayos:

Los ensayos a compresión fueron realizados en los laboratorios de Suelos y pavimentos Gregorio Rojas.

Figura 30 Registro de entrega de muestras al laboratorio

| Σ | | ENTREGA DE MUESTRAS A LABORATORIO | | | | | | | P12017 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Proyecto: | | | | | | | F-022 |
| # | Localización | Fecha de Extracción | Longitud (mm) | Diámetro (mm) | Pulso Ultrasónico | Compresión | Permeabilidad | Contenido de Sulfatos | Consecutivo |
| 1 | Columna Piso 1 | 29/05/2019 | 140 | 50 | X | X | | | N1-COL-BX |
| 2 | Columna Piso 1 | 29/05/2019 | 140 | 50 | | X | | | N2-COL-BX |
| 3 | Columna Piso 1 | 29/05/2019 | 150 | 50 | X | X | | | N3-COL-BX |
| 4 | Viga Piso 2 | 29/05/2019 | 140 | 50 | X | X | | | N4-VIG-BX |
| 5 | Columna Piso 2 | 29/05/2019 | 130 | 50 | | X | | | N5-COL-BX |
| 6 | Columna Piso 2 | 29/05/2019 | 160 | 50 | X | X | | | N6-COL-BX |
| 7 | Viga Piso 3 | 29/05/2019 | 190 | 60 | | X | | | N7-VIG-BX |
| 8 | Viga Piso 3 | 29/05/2019 | 130 | 50 | X | X | | | N8-VIG-BX |
| 9 | Columna Piso 3 | 29/05/2019 | 110 | 50 | X | X | | | N9-COL-BX |
| 10 | Viga Piso 4 | 30/05/2019 | 110 | 50 | X | X | | | N10-VIG-BX |
| 11 | Cimentación | 30/05/2019 | 160 | 50 | X | X | | | N11-CM-BX |
| 12 | Cimentación | 30/05/2019 | 140 | 50 | | X | | | N12-CM-BX |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | |
| Observaciones: # N°Sdeo/ Elemento/ Proyecto | | | | | | REVISO: Carlos Rodriguez | | | |
| | | | | | | Elaboró: Rafael Romero | | | |
| | | | | | | Laboratorio: | ASCRETO | | |

Fuente: Elaboración propia

## 8.5. Resultado ensayo de compresión

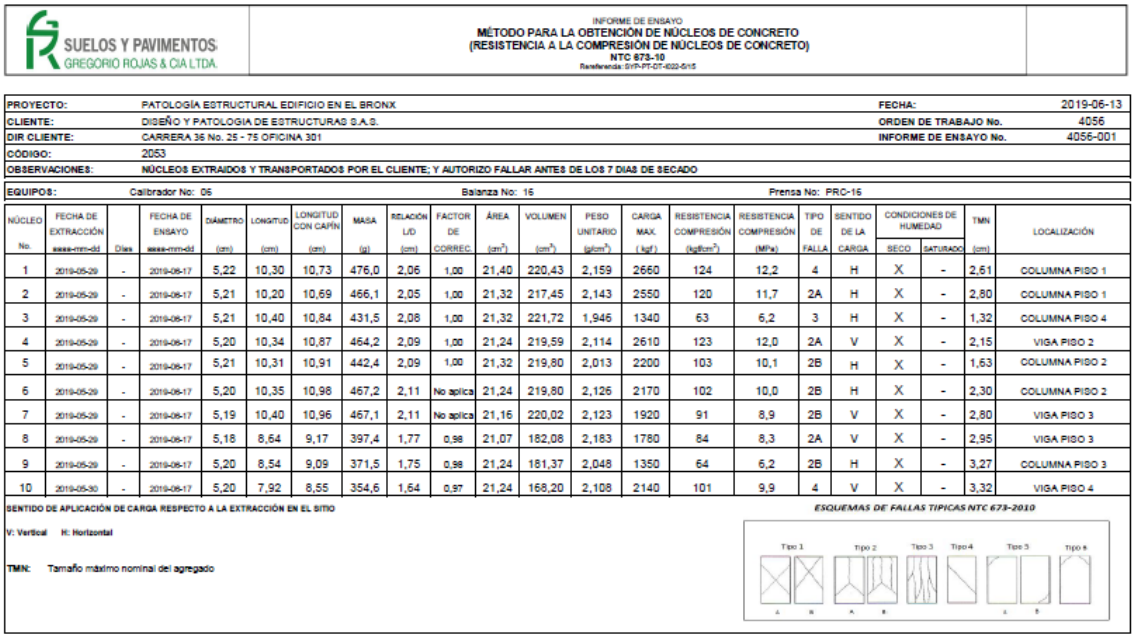
Los ensayos de compresión (ver anexo 1), se realizaron en el laboratorio, bajo las normas NTC-3658 y NTC-673; las máquinas usadas para el ensayo son:

Máquinas de Fuerza: SLT Cap 300 kN

Certificado calibración: No. 461F

Los resultados de estos se muestran a continuación:

Figura 31 Resultados del ensayo a compresión en vigas y columnas



SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS & CIA LTDA.

INFORME DE ENSAYO
**MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO)**
**NTC 673-10**
Rereferencia: SYP-PT-DT-4022-5/15

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | PATOLOGÍA ESTRUCTURAL EDIFICIO EN EL BRONX | **FECHA:** | 2019-06-13 |
| **CLIENTE:** | DISEÑO Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS S.A.S. | **ORDEN DE TRABAJO No.** | 4056 |
| **DIR CLIENTE:** | CARRERA 36 No. 25 - 75 OFICINA 301 | **INFORME DE ENSAYO No.** | 4056-001 |
| **CÓDIGO:** | 2053 | | |
| **OBSERVACIONES:** | NÚCLEOS EXTRAIDOS Y TRANSPORTADOS POR EL CLIENTE; Y AUTORIZO FALLAR ANTES DE LOS 7 DIAS DE SECADO | | |

**EQUIPOS:** Calibrador No: 06 Balanza No: 16 Prensa No: PRC-16

| NÚCLEO No. | FECHA DE EXTRACCIÓN aaaa-mm-dd | Días | FECHA DE ENSAYO aaaa-mm-dd | DIÁMETRO (cm) | LONGITUD (cm) | LONGITUD CON CAPÍN (cm) | MASA (g) | RELACIÓN L/D (cm) | FACTOR DE CORREC. | ÁREA ($cm^2$) | VOLUMEN ($cm^3$) | PESO UNITARIO ($g/cm^3$) | CARGA MAX. (kgf) | RESISTENCIA COMPRESIÓN ($kgf/cm^2$) | RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa) | TIPO DE FALLA | SENTIDO DE LA CARGA | CONDICIONES DE HUMEDAD SECO | CONDICIONES DE HUMEDAD SATURADO | TMN (cm) | LOCALIZACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,22 | 10,30 | 10,73 | 476,0 | 2,06 | 1,00 | 21,40 | 220,43 | 2,159 | 2660 | 124 | 12,2 | 4 | H | X | - | 2,61 | COLUMNA PISO 1 |
| 2 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,21 | 10,20 | 10,69 | 466,1 | 2,05 | 1,00 | 21,32 | 217,45 | 2,143 | 2550 | 120 | 11,7 | 2A | H | X | - | 2,80 | COLUMNA PISO 1 |
| 3 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,21 | 10,40 | 10,84 | 431,5 | 2,08 | 1,00 | 21,32 | 221,72 | 1,946 | 1340 | 63 | 6,2 | 3 | H | X | - | 1,32 | COLUMNA PISO 4 |
| 4 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,20 | 10,34 | 10,87 | 464,2 | 2,09 | 1,00 | 21,24 | 219,59 | 2,114 | 2610 | 123 | 12,0 | 2A | V | X | - | 2,15 | VIGA PISO 2 |
| 5 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,21 | 10,31 | 10,91 | 442,4 | 2,09 | 1,00 | 21,32 | 219,80 | 2,013 | 2200 | 103 | 10,1 | 2B | H | X | - | 1,63 | COLUMNA PISO 2 |
| 6 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,20 | 10,35 | 10,98 | 467,2 | 2,11 | No aplica | 21,24 | 219,80 | 2,126 | 2170 | 102 | 10,0 | 2B | H | X | - | 2,30 | COLUMNA PISO 2 |
| 7 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,19 | 10,40 | 10,96 | 467,1 | 2,11 | No aplica | 21,16 | 220,02 | 2,123 | 1920 | 91 | 8,9 | 2B | V | X | - | 2,80 | VIGA PISO 3 |
| 8 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,18 | 8,64 | 9,17 | 397,4 | 1,77 | 0,98 | 21,07 | 182,08 | 2,183 | 1780 | 84 | 8,3 | 2A | V | X | - | 2,95 | VIGA PISO 3 |
| 9 | 2019-05-29 | - | 2019-06-17 | 5,20 | 8,54 | 9,09 | 371,5 | 1,75 | 0,98 | 21,24 | 181,37 | 2,048 | 1350 | 64 | 6,2 | 2B | H | X | - | 3,27 | COLUMNA PISO 3 |
| 10 | 2019-05-30 | - | 2019-06-17 | 5,20 | 7,92 | 8,55 | 354,6 | 1,64 | 0,97 | 21,24 | 168,20 | 2,108 | 2140 | 101 | 9,9 | 4 | V | X | - | 3,32 | VIGA PISO 4 |

**SENTIDO DE APLICACIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN EN EL SITIO**

**V: Vertical H: Horizontal**

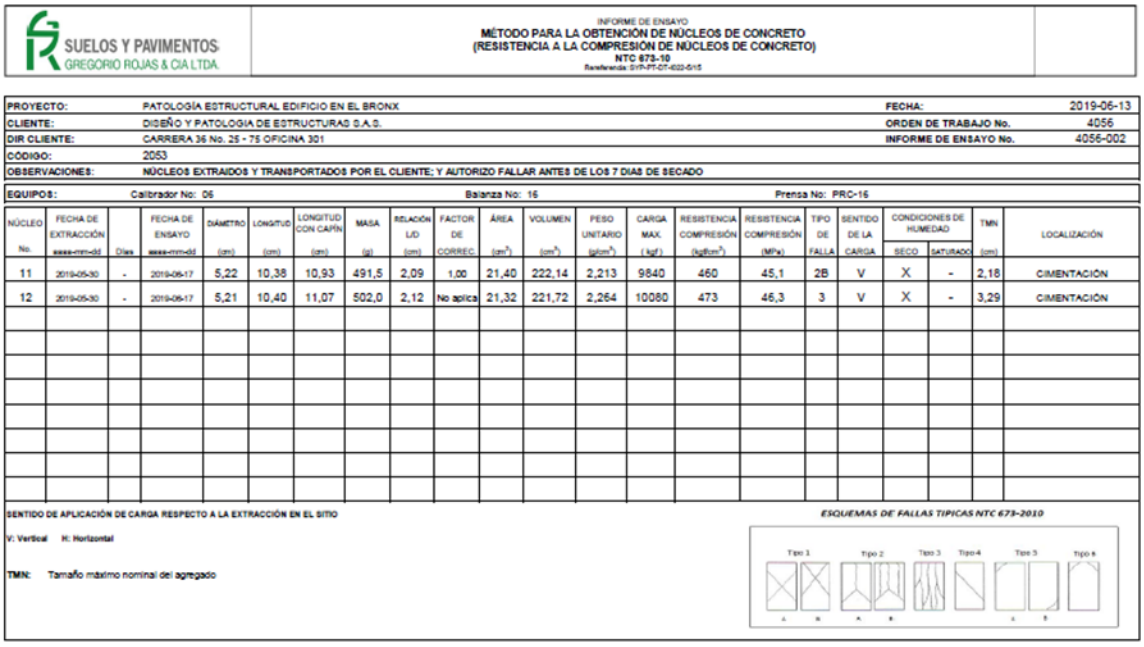
**TMN:** Tamaño máximo nominal del agregado

***ESQUEMAS DE FALLAS TIPICAS NTC 673-2010***



Fuente: Elaboración propia

Figura 32 Resultados del ensayo a compresión en la cimentación



SUELOS Y PAVIMENTOS GREGORIO ROJAS & CIA LTDA.

INFORME DE ENSAYO
**MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS DE CONCRETO)**
**NTC 673-10**
Rereferencia: SYP-PT-DT-4022-5/15

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | PATOLOGÍA ESTRUCTURAL EDIFICIO EN EL BRONX | **FECHA:** | 2019-06-13 |
| **CLIENTE:** | DISEÑO Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS S.A.S. | **ORDEN DE TRABAJO No.** | 4056 |
| **DIR CLIENTE:** | CARRERA 36 No. 25 - 75 OFICINA 301 | **INFORME DE ENSAYO No.** | 4056-002 |
| **CÓDIGO:** | 2053 | | |
| **OBSERVACIONES:** | NÚCLEOS EXTRAIDOS Y TRANSPORTADOS POR EL CLIENTE; Y AUTORIZO FALLAR ANTES DE LOS 7 DIAS DE SECADO | | |

**EQUIPOS:** Calibrador No: 06 Balanza No: 16 Prensa No: PRC-16

| NÚCLEO No. | FECHA DE EXTRACCIÓN aaaa-mm-dd | Días | FECHA DE ENSAYO aaaa-mm-dd | DIÁMETRO (cm) | LONGITUD (cm) | LONGITUD CON CAPÍN (cm) | MASA (g) | RELACIÓN L/D (cm) | FACTOR DE CORREC. | ÁREA ($cm^2$) | VOLUMEN ($cm^3$) | PESO UNITARIO ($g/cm^3$) | CARGA MAX. (kgf) | RESISTENCIA COMPRESIÓN ($kgf/cm^2$) | RESISTENCIA COMPRESIÓN (MPa) | TIPO DE FALLA | SENTIDO DE LA CARGA | CONDICIONES DE HUMEDAD SECO | CONDICIONES DE HUMEDAD SATURADO | TMN (cm) | LOCALIZACIÓN |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | 2019-05-30 | - | 2019-06-17 | 5,22 | 10,38 | 10,93 | 491,5 | 2,09 | 1,00 | 21,40 | 222,14 | 2,213 | 9840 | 460 | 45,1 | 2B | V | X | - | 2,18 | CIMENTACIÓN |
| 12 | 2019-05-30 | - | 2019-06-17 | 5,21 | 10,40 | 11,07 | 502,0 | 2,12 | No aplica | 21,32 | 221,72 | 2,264 | 10080 | 473 | 46,3 | 3 | V | X | - | 3,29 | CIMENTACIÓN |

**SENTIDO DE APLICACIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN EN EL SITIO**

**V: Vertical H: Horizontal**

**TMN:** Tamaño máximo nominal del agregado

***ESQUEMAS DE FALLAS TIPICAS NTC 673-2010***



Fuente: Elaboración propia

Figura 33 Resultados del ensayo a compresión

| PYDE S.A.S. | ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE NUCLEOS EDIFICIO CASA MUSEO-BRONX | | | | FOR-001 |
|---|---|---|---|---|---|
| CONSECUTIVO | | UBICACIÓN | COMPRESIÓN (Mpa) | fc= (Menor Valor)/0,75) | f´c= (Promedio)/0,85) | Resistencia (Mpa) |
| 1 | N1-COL-BX | COLUMNA PISO 1 | 12,2 | 8,3 | 11,1 | 8,3 |
| 2 | N2-COL-BX | COLUMNA PISO 1 | 11,7 | | | |
| 3 | N3-COL-BX | COLUMNA PISO 4 | 6,2 | | | |
| 4 | N9-COL-BX | COLUMNA PISO 3 | 6,2 | | | |
| 5 | N5-COL-BX | COLUMNA PISO 2 | 10,1 | | | |
| 6 | N6-COL-BX | COLUMNA PISO 2 | 10,0 | | | |
| 7 | N4-VIG-BX | VIGA PISO 2 | 12,0 | 11,1 | 11,5 | 11,1 |
| 8 | N7-VIG-BX | VIGA PISO 3 | 8,9 | | | |
| 9 | N8-VIG-BX | VIGA PISO 3 | 8,3 | | | |
| 10 | N10-VIG-BX | VIGA PISO 4 | 9,9 | | | |
| 11 | N11-CM-BX | CIMENTACIÓN | 45,1 | 60,1 | 53,8 | 53,8 |
| 12 | N12-CM-BX | CIMENTACIÓN | 46,3 | | | |

Fuente: Elaboración propia

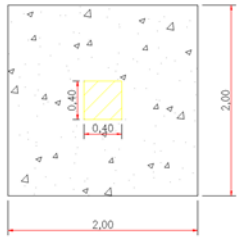
## 8.6. Resultado apique a la cimentación

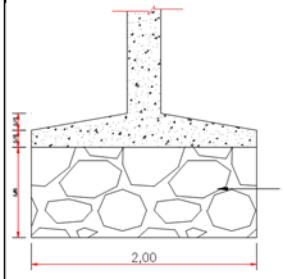
Se realizó Apique para determinar la geometría y el estado de la cimentación, en el cual se encontró lo siguiente

Figura 34 Apique manual

| PYDE S.A.S. | Apique a la cimentación | FOR-040 |
|---|---|---|
| Proyecto: | Patologia Estructural Ed. Casa Museo | |





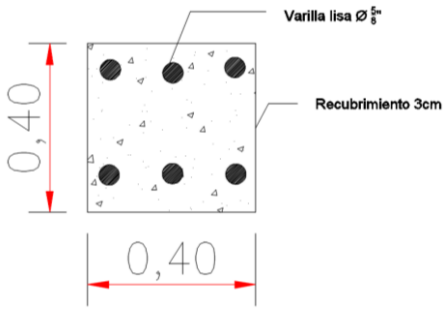
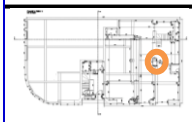

**Descripción:** Al realizar el apique a la cimentación se determinó que la estructura se encuentra soportada en zapatas aisladas en concreto sobre un concreto ciclópeo, sobre los primeros 30cm presenta material de escombro con algo de material organico, seguidamente se observa una arcilla café clara hasta una profundidad de 75cm y finalmente una arcilla gris ocura hasta el nivel de -1.10m, como se muestra en la imagen.

**Ap1 Columna Piso 1**

Fuente: Elaboración propia

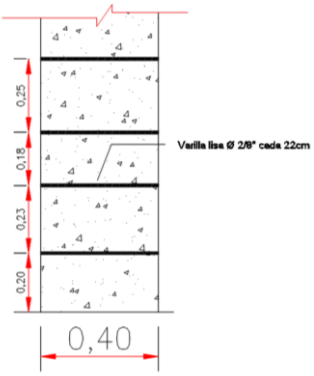
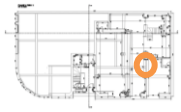
## 8.7. Resultados de las regatas

Figura 35 Resultado regata 1

| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
|---|---|---|
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|   |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata para encontrar el refuerzo sobre la Columna en primer nivel, se encontraron seis (6) varillas de acero liso de 5/8". | **R1 Columna Piso 1 C/L** |

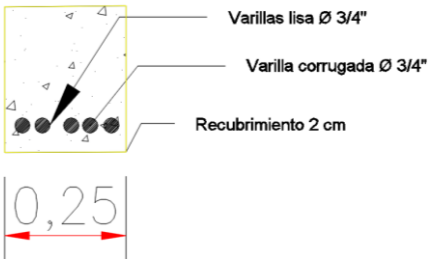
Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Resultado regata 2

| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
|---|---|---|
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|   |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre Columna en primer piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4"" cada 22cm. | **R2 Columna Piso 1 1/3L** |

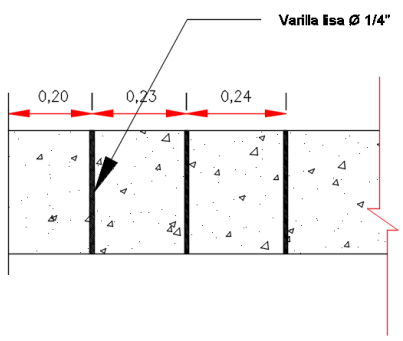
Fuente: Elaboración propia

Figura 37 Resultado regata 1 Resultado regata 3

| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
|---|---|---|
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|      | | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en segundo piso, se encontraron cuatro (4) varillas lisas de 3/4" y una (1) corrugada de 3/4". | **R3 Viga piso 2 E2 C/L** |

Fuente: Elaboración propia

Figura 38 Resultado regata 4

| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
|---|---|---|
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|      | | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en segundo piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4" cada 23cm. | **R4 Viga piso 2 E2 1/3L** |

Fuente: Elaboración propia

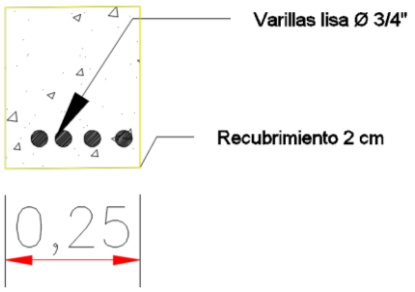
Figura 39 Resultado regata 5

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |












**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en segundo piso, se encontraron cuatro (4) varillas lisas de 3/4".

**R9 Viga piso 2 E1 C/L**

Fuente: Elaboración propia

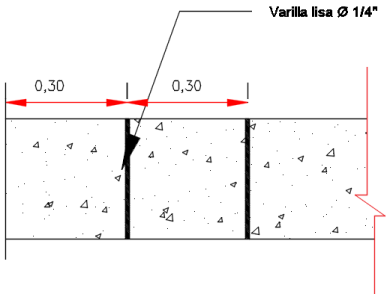
Figura 40 Resultado regata 6

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |












**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en segundo piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4" cada 30cm.

**R10 Viga piso 2 E1 1/3L**

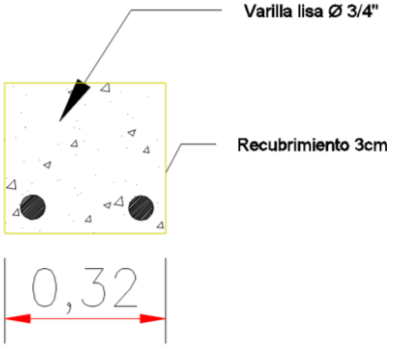
Fuente: Elaboración propia

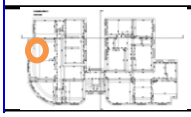
Figura 41 Resultado regata 7

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |







**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en tercer piso, se encontraron dos (2) varillas lisas de 3/4".

**R5 Viga C piso 3 C/L**

Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Resultado regata 8

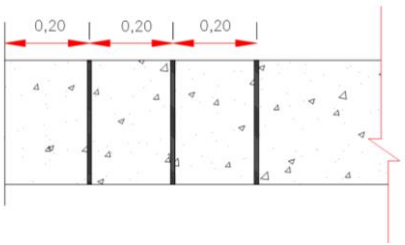
| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |














**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga curva en tercer piso, se encontraron fejes de acero liso de 1/4" cada 20cm.

**R6 Viga C piso 3 1/3L**

Fuente: Elaboración propia

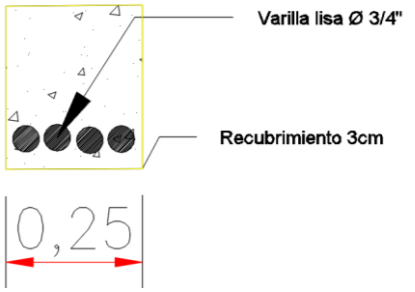
Figura 43 Resultado regata 9

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |












**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga en el cuarto piso, se encontraron 4 varillas lisas de 3/4".

**R8 Viga EB Piso 4 C/L**

Fuente: Elaboración propia

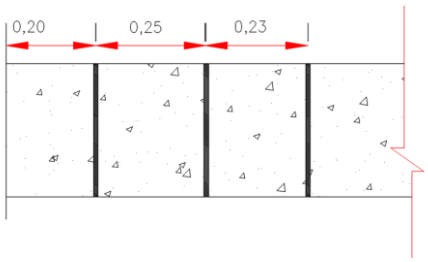
Figura 44 Resultado regata 10

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |









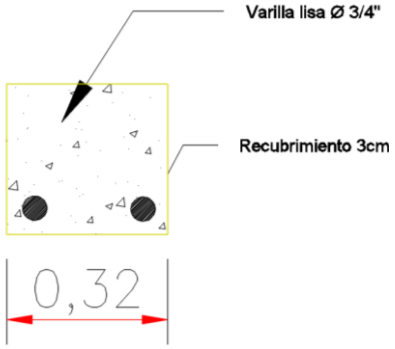



**Observaciones:** Se realizó regata sobre viga, se encontraron varillas lisas de 1/4" cada 25cm.

**R7 Viga EB piso 4 1/3L**

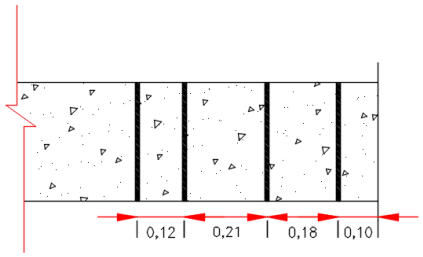
Fuente: Elaboración propia

Figura 45 Resultado regata 11

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|    |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre viga curva en el piso 4, se encontraron dos (2) varillas lisas de 3/4" | **R11 Viga C Piso 4 C/L** |

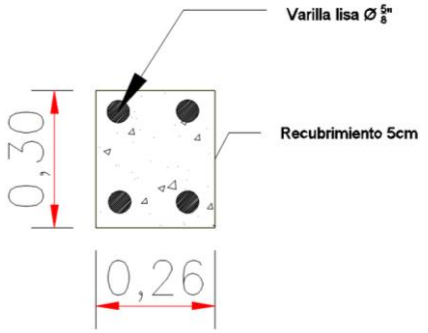
Fuente: Elaboración propia

Figura 46 Resultado regata 12

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|    |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre viga curva en cuarto piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4" cada 18cm. | **R12 Viga C piso 4 1/3L** |

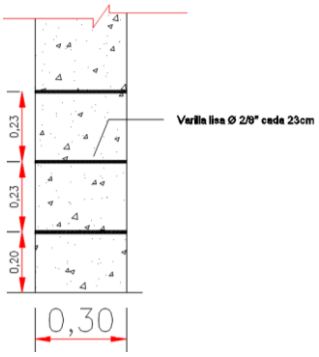
Fuente: Elaboración propia

Figura 47 Resultado regata 13

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|    |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata para encontrar el refuerzo sobre la Columna en cuarto nivel, se encontraron cuatro (4) varillas de acero liso de 5/8". | **R13 Columna piso 4 C/L** |

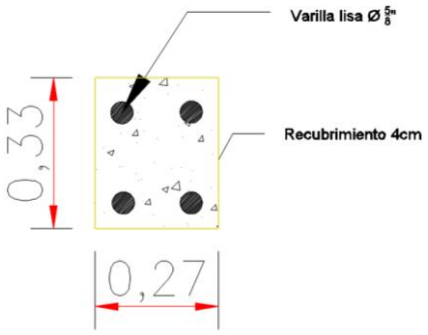
Fuente: Elaboración propia

Figura 48 Resultado regata 14

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|  |  |   |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre Columna en cuarto piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4" cada 23cm. | **R14 Columna piso 4 1/3L** |

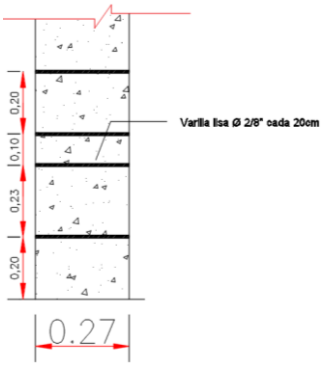
Fuente: Elaboración propia

Figura 49 Resultado regata 15

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|    |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata para encontrar el refuerzo sobre la Columna en cuarto nivel, se encontraron cuatro (4) varillas de acero liso de 5/8". | **R15 Columna piso 4 C/L** |

Fuente: Elaboración propia

Figura 50 Resultado regata 16

| | | |
|---|---|---|
| PYDE S.A.S. | **Regatas** | **FOR-028** |
| Proyecto: | **Patologia Estructural Ed. Casa Museo** | |
|   |   | |
|  | **Observaciones:** Se realizó regata sobre Columna en cuarto piso, se encontraron flejes de acero liso de 1/4" cada 20cm. | **R16 Columna piso 4 1/3L** |

Fuente: Elaboración propia

## 8.8. Resultado ultrasonido en núcleos

Se realizó ensayo de velocidad de pulso ultrasónico sobre las muestras extraídas, el resultado es el siguiente:

Figura 51 Resultado ultrasonido 1

SUELOS Y PAVIMENTOS
GREGORIO ROJAS & CIA LTDA

INFORME DE ENSAYO
**DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO**
**Fuente: ASTM D 2845-08 (Retirado: 2017),**
**Código interno: SYP-PT-057**
Referencia SYP-PT-OT-1102-3/18

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | PATOLOGÍA ESTRUCTURAL EDIFICIO EN EL BRONX | **FECHA ENSAYO:** | 2019-06-17 |
| **CLIENTE:** | DISEÑO Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS S.A.S. | **ORDEN DE TRABAJO No.** | 4056 |
| **DIR CLIENTE:** | CARRERA 36 No. 25 - 75 OFICINA 301 | **INFORME DE ENSAYO No.** | 4056-003 |
| **CÓDIGO:** | 2053 | | |

EQUIPOS: Calibrador No: 06 — Balanza No:16 — Equipo: EU-01

SONDEO: - MUESTRA: 1 PROFUNDIDAD (m): -
DESCRIPCION: Núcleo de concreto
OBSERVACIONES: **COLUMNA PISO 1**

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,22 |
| h (cm) | 10,30 |
| Wt (g) | 476,00 |
| γ t (t/m³) | 2,159 |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | | |
|---|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 32,1 | |
| Vel (m/s) | 3209 | |
| **Sentido Diametral** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 16,2 | |
| Vel (m/s) | 3222 | |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 73,0 |
| Vel (m/s) | 1412 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 36,8 |
| Vel (m/s) | 1417 |

| Relación de Poisson | ν | 0,38 |
|---|---|---|

SONDEO: - MUESTRA: 3 PROFUNDIDAD (m): -
DESCRIPCION: Núcleo de concreto
OBSERVACIONES: **COLUMNA PISO 4**

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,21 |
| h (cm) | 10,40 |
| Wt (g) | 431,50 |
| γ t (t/m³) | 1,946 |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | | |
|---|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 31,2 | |
| Vel (m/s) | 3333 | |
| **Sentido Diametral** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 18,4 | |
| Vel (m/s) | 2832 | |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 66,7 |
| Vel (m/s) | 1559 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 39,3 |
| Vel (m/s) | 1324 |

| Relación de Poisson | ν | 0,36 |
|---|---|---|

SONDEO: - MUESTRA: 4 PROFUNDIDAD: -
DESCRIPCION: Núcleo de concreto
OBSERVACIONES: **VIGA PISO 2**

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,20 |
| h (cm) | 10,34 |
| Wt (g) | 464,20 |
| γ t (t/m³) | 2,114 |

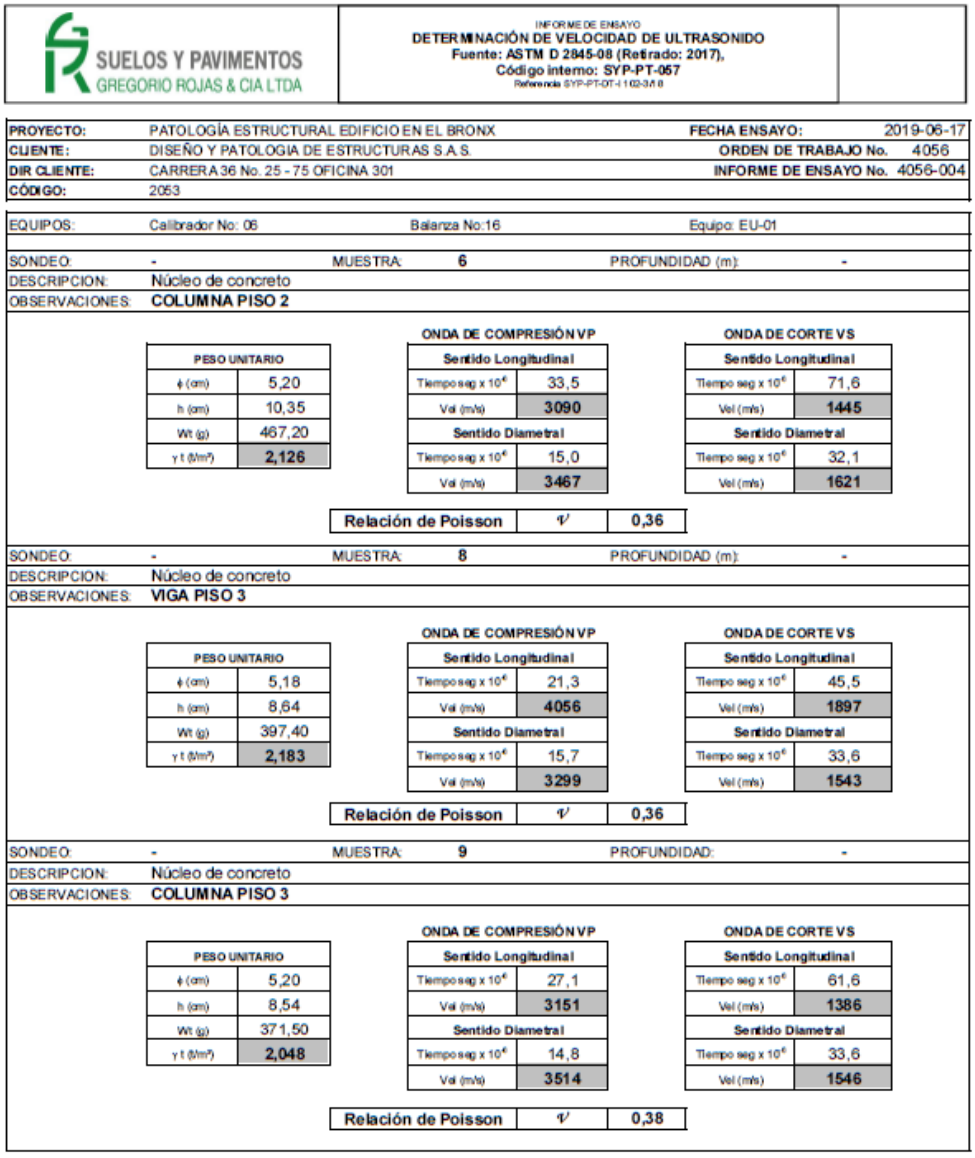
| ONDA DE COMPRESIÓN VP | | |
|---|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 32,4 | |
| Vel (m/s) | 3191 | |
| **Sentido Diametral** | | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 16,6 | |
| Vel (m/s) | 3133 | |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 67,4 |
| Vel (m/s) | 1533 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 34,6 |
| Vel (m/s) | 1505 |

| Relación de Poisson | ν | 0,35 |
|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

Figura 52 Resultado ultrasonido 2



SUELOS Y PAVIMENTOS
GREGORIO ROJAS & CIA LTDA

INFORME DE ENSAYO
**DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO**
**Fuente: ASTM D 2845-08 (Retirado: 2017),**
**Código interno: SYP-PT-057**
Referencia SYP-PT-OT-1102-3/18

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | PATOLOGÍA ESTRUCTURAL EDIFICIO EN EL BRONX | **FECHA ENSAYO:** | 2019-06-17 |
| **CLIENTE:** | DISEÑO Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS S.A.S. | **ORDEN DE TRABAJO No.** | 4056 |
| **DIR CLIENTE:** | CARRERA 36 No. 25 - 75 OFICINA 301 | **INFORME DE ENSAYO No.** | 4056-004 |
| **CÓDIGO:** | 2053 | | |

| EQUIPOS: | Calibrador No: 06 | Balanza No:16 | Equipo: EU-01 |
|---|---|---|---|

| SONDEO: | - | MUESTRA: | 6 | PROFUNDIDAD (m): | - |
|---|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCION: | Núcleo de concreto | | | | |
| OBSERVACIONES: | **COLUMNA PISO 2** | | | | |

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,20 |
| h (cm) | 10,35 |
| Wt (g) | 467,20 |
| γ t (t/m³) | **2,126** |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 33,5 |
| Vel (m/s) | **3090** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 15,0 |
| Vel (m/s) | **3467** |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 71,6 |
| Vel (m/s) | **1445** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 32,1 |
| Vel (m/s) | **1621** |

| Relación de Poisson | ν | 0,36 |
|---|---|---|

| SONDEO: | - | MUESTRA: | 8 | PROFUNDIDAD (m): | - |
|---|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCION: | Núcleo de concreto | | | | |
| OBSERVACIONES: | **VIGA PISO 3** | | | | |

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,18 |
| h (cm) | 8,64 |
| Wt (g) | 397,40 |
| γ t (t/m³) | **2,183** |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 21,3 |
| Vel (m/s) | **4056** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 15,7 |
| Vel (m/s) | **3299** |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 45,5 |
| Vel (m/s) | **1897** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 33,6 |
| Vel (m/s) | **1543** |

| Relación de Poisson | ν | 0,36 |
|---|---|---|

| SONDEO: | - | MUESTRA: | 9 | PROFUNDIDAD: | - |
|---|---|---|---|---|---|
| DESCRIPCION: | Núcleo de concreto | | | | |
| OBSERVACIONES: | **COLUMNA PISO 3** | | | | |

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,20 |
| h (cm) | 8,54 |
| Wt (g) | 371,50 |
| γ t (t/m³) | **2,048** |

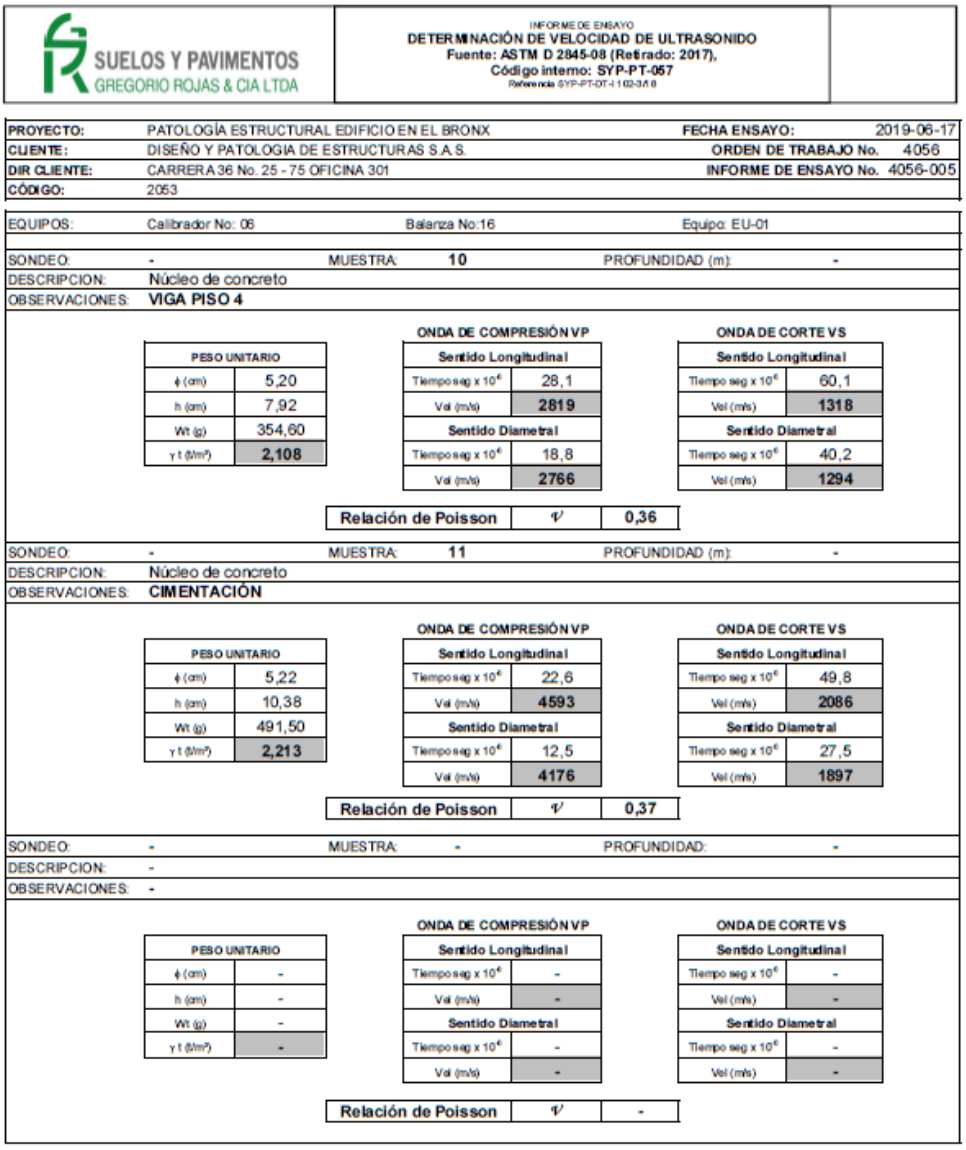
| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 27,1 |
| Vel (m/s) | **3151** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 14,8 |
| Vel (m/s) | **3514** |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 61,6 |
| Vel (m/s) | **1386** |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 33,6 |
| Vel (m/s) | **1546** |

| Relación de Poisson | ν | 0,38 |
|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

Figura 53 Resultado ultrasonido 3



SUELOS Y PAVIMENTOS
GREGORIO ROJAS & CIA LTDA

INFORME DE ENSAYO
**DETERMINACIÓN DE VELOCIDAD DE ULTRASONIDO**
**Fuente: ASTM D 2845-08 (Retirado: 2017),**
**Código interno: SYP-PT-057**
Referencia SYP-PT-OT-I 102-3/18

| | | | |
|---|---|---|---|
| **PROYECTO:** | PATOLOGÍA ESTRUCTURAL EDIFICIO EN EL BRONX | **FECHA ENSAYO:** | 2019-06-17 |
| **CLIENTE:** | DISEÑO Y PATOLOGIA DE ESTRUCTURAS S.A.S. | **ORDEN DE TRABAJO No.** | 4056 |
| **DIR CLIENTE:** | CARRERA 36 No. 25 - 75 OFICINA 301 | **INFORME DE ENSAYO No.** | 4056-005 |
| **CÓDIGO:** | 2053 | | |

EQUIPOS: Calibrador No: 06 — Balanza No:16 — Equipo: EU-01

SONDEO: - — MUESTRA: 10 — PROFUNDIDAD (m): -
DESCRIPCION: Núcleo de concreto
OBSERVACIONES: **VIGA PISO 4**

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,20 |
| h (cm) | 7,92 |
| Wt (g) | 354,60 |
| γ t (t/m³) | 2,108 |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 28,1 |
| Vel (m/s) | 2819 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 18,8 |
| Vel (m/s) | 2766 |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 60,1 |
| Vel (m/s) | 1318 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 40,2 |
| Vel (m/s) | 1294 |

| Relación de Poisson | ν | 0,36 |
|---|---|---|

SONDEO: - — MUESTRA: 11 — PROFUNDIDAD (m): -
DESCRIPCION: Núcleo de concreto
OBSERVACIONES: **CIMENTACIÓN**

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | 5,22 |
| h (cm) | 10,38 |
| Wt (g) | 491,50 |
| γ t (t/m³) | 2,213 |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 22,6 |
| Vel (m/s) | 4593 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 12,5 |
| Vel (m/s) | 4176 |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 49,8 |
| Vel (m/s) | 2086 |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | 27,5 |
| Vel (m/s) | 1897 |

| Relación de Poisson | ν | 0,37 |
|---|---|---|

SONDEO: - — MUESTRA: - — PROFUNDIDAD: -
DESCRIPCION: -
OBSERVACIONES: -

| PESO UNITARIO | |
|---|---|
| ϕ (cm) | - |
| h (cm) | - |
| Wt (g) | - |
| γ t (t/m³) | - |

| ONDA DE COMPRESIÓN VP | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | - |
| Vel (m/s) | - |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | - |
| Vel (m/s) | - |

| ONDA DE CORTE VS | |
|---|---|
| **Sentido Longitudinal** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | - |
| Vel (m/s) | - |
| **Sentido Diametral** | |
| Tiempo seg x $10^{-6}$ | - |
| Vel (m/s) | - |

| Relación de Poisson | ν | - |
|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

## 8.9. Magneto detección del acero

Se realizó barrido con Pacómetro para determinar la geometría del refuerzo en los elementos, previo a la elaboración de las regatas, en el cual se encontró lo siguiente:

Figura 54 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 55 Scan del refuerzo en viga tercer nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 56 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 57 Scan del refuerzo en viga segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 58 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel



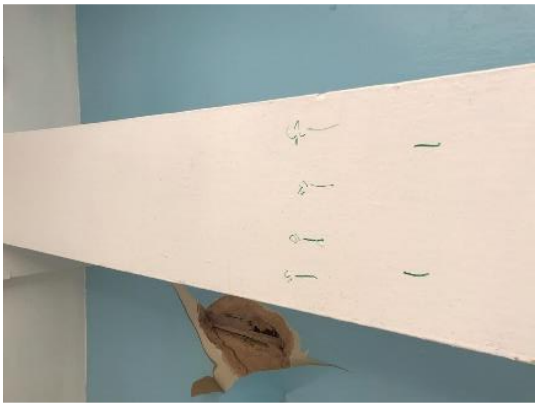
Fuente: Elaboración propia

Figura 59 Scan del refuerzo en viga segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 60 Scan del refuerzo en viga segundo nivel



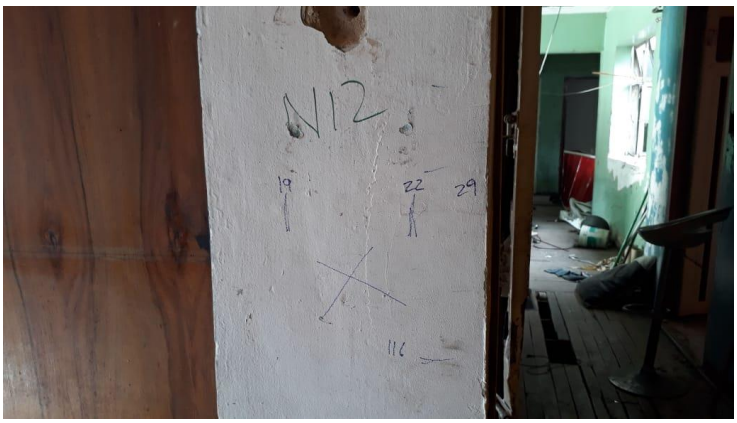
Fuente: Elaboración propia

Figura 61 Scan del refuerzo en viga segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 62 Scan del refuerzo en viga cuarto nivel




Fuente: Elaboración propia

# 9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

## 9.1. Profundización de carbonatación

No se encontró una profundidad de carbonatación sobre las muestras, posiblemente porque cuenta con un recubrimiento con revoque de al menos 2cm protegiendo al material de la penetración de CO2. Dado que la estructura no se encuentra habitada, es probable que aumente el ingreso de CO2 de ambiente, generando afectaciones por carbonatación en algunos elementos.

## 9.2. Compresión

Se observa una muy pobre resistencia a compresión en los núcleos extraídos, alrededor de 9 MPa, concretos con muy mala gradación y alto contenido de vacíos, a simple vista presentan un bajo contenido de material cementante:

Figura 63 Resultado compresión

| PYDE S.A.S. | RESULTADOS RESISTENCIA DEL CONCRETO | | | | F-022 |
|---|---|---|---|---|---|
| | **Proyecto:** | **Patolología Ed. Casa Museo** | | | |
| **Elemento** | **VELOCIDAD DE PULSO (m/s)** | | **Resistencia a Compresión (Mpa)** | | **Relación Poisson** |
| COLUMNA PISO 1 | 1414 | Muy Pobre | 12,2 | 8,3 | 0,38 |
| COLUMNA PISO 1 | | | 11,7 | | |
| COLUMNA PISO 4 | 1559 | | 6,2 | | 0,36 |
| COLUMNA PISO 3 | 1386 | | 6,2 | | 0,38 |
| COLUMNA PISO 2 | 1445 | | 10,1 | | 0,36 |
| COLUMNA PISO 2 | | | 10,0 | | |
| VIGA PISO 2 | 1533 | Muy Pobre | 12,0 | 11,1 | 0,35 |
| VIGA PISO 3 | 1879 | | 8,9 | | 0,36 |
| VIGA PISO 3 | | | 8,3 | | |
| VIGA PISO 4 | 1318 | | 9,9 | | 0,36 |
| CIMENTACIÓN | 2086 | Muy Pobre | 45,1 | 53,8 | 0,37 |
| CIMENTACIÓN | | | 46,3 | | |
| **Observaciones:** Los resultados del ensayo de Ultrasonido se correlacionan de manera correcta con su correspondiente resultado a compresión de núcleos. Los resultados a nivel de cimentación, aunque los resultados estiman comparativamente un concreto de baja calidad, no asi su correspondiente ensayo a compresión. | | | | | Elaboró: RORR<br>Revisó: CERM |

Fuente: Elaboración propia

## 9.3. Análisis estructural

Con el fin de complementar la patología estructural, se realizó el modelo matemático de la estructura. Para el análisis y modelación, se utilizó el programa ETABS, que trabaja el análisis por el método de rigidez matricial y el diseño por el método de los elementos finitos, basado estrictamente en lo que dicta la NSR 10.

En la modelación se verifica el estado de los elementos estructurales a nivel de resistencia y servicio. La modelación sísmica, es analizada, para este caso, por el método de análisis modal espectral.

El sistema utilizado para resistir las cargas verticales y fuerzas horizontales (sísmicas) no es claro, existe una combinación de sistemas como pórticos de concreto en una zona de la estructura y muros de mampostería simple, lo cual no está permitido por la norma, como se puede observar en la tabla A.3-1, la cual establece una altura máxima de 2 pisos para estructuras en mampostería no reforzada. Adicionalmente, el entrepiso de la estructura es en madera, lo que inhabilita la existencia de un diafragma rígido.

Tabla 8 Sistema estructural de muros de carga

**Tabla A.3-1**
**Sistema estructural de muros de carga (Nota 1)**

| A. SISTEMA DE MUROS DE CARGA | | Valor $R_0$ (Nota 2) | Valor $\Omega_0$ (Nota 4) | zonas de amenaza sísmica | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | alta | | intermedia | | Baja | |
| Sistema resistencia sísmica (fuerzas horizontales) | Sistema resistencia para cargas verticales | | | uso permit | altura máx. | uso permit | altura máx. | uso permit | Altura máx. |
| 1. Paneles de cortante de madera | muros ligeros de madera laminada | 3.0 | 2.5 | si | 6 m | si | 9 m | si | 12 m |
| 2. Muros estructurales | | | | | | | | | |
| a. Muros de concreto con capacidad especial de disipación de energía (*DES*) | el mismo | 5.0 | 2.5 | si | 50 m | si | sin límite | si | Sin límite |
| b. Muros de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (*DMO*) | el mismo | 4.0 | 2.5 | no se permite | | si | 50 m | si | Sin límite |
| c. Muros de concreto con capacidad mínima de disipación de energía (*DMI*) | el mismo | 2.5 | 2.5 | no se permite | | no se permite | | si | 50 m |
| d. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (*DES*) con todas las celdas rellenas | el mismo | 3.5 | 2.5 | si | 50 m | si | sin límite | si | Sin límite |
| e. Muros de mampostería reforzada de bloque de perforación vertical (*DMO*) | el mismo | 2.5 | 2.5 | si | 30 m | si | 50 m | si | Sin límite |
| f. Muros de mampostería parcialmente reforzada de bloque de perforación vertical | el mismo | 2.0 | 2.5 | Grupo I | 2 pisos | si | 12 m | si | 18 m |
| g. Muros de mampostería confinada | el mismo | 2.0 | 2.5 | Grupo I | 2 pisos | Grupo I | 12 m | Grupo I | 18 m |
| h. Muros de mampostería de cavidad reforzada | el mismo | 4.0 | 2.5 | si | 45 m | si | 60 m | si | Sin límite |
| i. Muros de mamposteria no reforzada (no tiene capacidad de disipación de energía) | el mismo | 1.0 | 2.5 | no se permite | | no se permite | | Grupo I (Nota 3) | 2 pisos |
| 3. Pórticos con diagonales (las diagonales llevan fuerza vertical) | | | | | | | | | |
| a. Pórticos de acero estructural con diagonales concéntricas (*DES*) | el mismo | 5.0 | 2.5 | si | 24 m | si | 30 m | si | Sin límite |
| b. Pórticos con diagonales de concreto con capacidad moderada de disipación de energía (*DMO*) | el mismo | 3.5 | 2.5 | no se permite | | si | 30 m | si | 30 m |
| c. Pórticos de madera con diagonales | el mismo | 2.0 | 2.5 | si | 12 m | si | 15 m | si | 18 m |

Notas:
1. El sistema de muros de carga es un sistema estructural que no dispone de un pórtico esencialmente completo, en el cual las cargas verticales son resistidas por los muros de carga y las fuerzas horizontales son resistidas por muros estructurales o pórticos con diagonales.
2. Para edificaciones clasificadas como irregulares el valor de $R_0$ debe multiplicarse por $\phi_a$, $\phi_p$ y $\phi_r$ para obtener $R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0$ (Véase A.3.3.3).
3. La mampostería no reforzada sólo se permite en las regiones de las zonas de amenaza sísmica baja donde $A_a$ sea menor o igual a 0.05 cuando se trata de edificaciones del grupo de uso $I$, de uno y dos pisos.
4. El valor de $\Omega_0$ puede reducirse restándole 0.5 en estructuras con diafragma flexible, pero no debe ser menos de 2.0 para cualquier estructura.

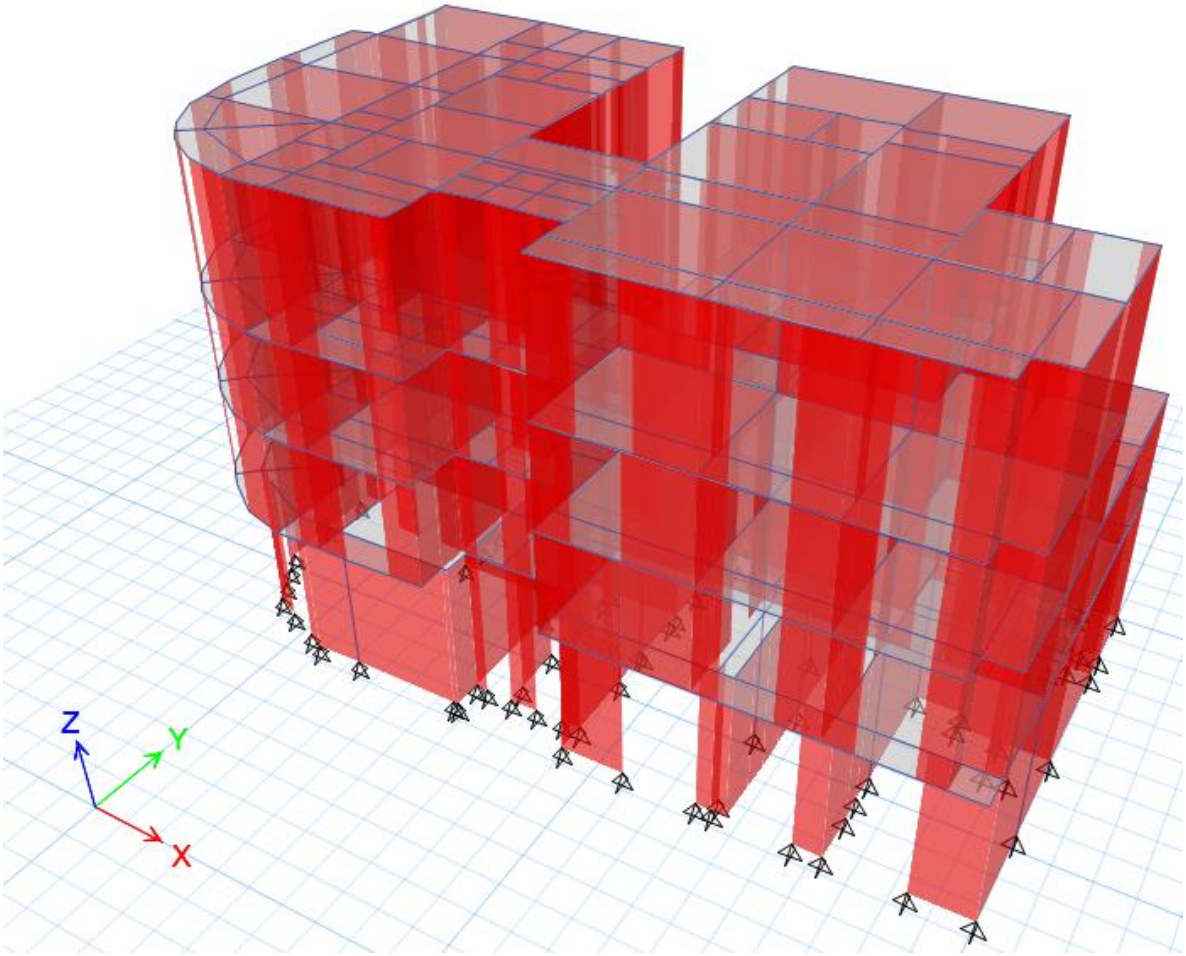
Fuente: NSR-10

Por otro lado, la norma permite el uso de mampostería simple como sistema de resistencia sísmica únicamente cuando el Aa (coeficiente de aceleración pico efectiva) sea menor o igual a 0.05 para capacidad mínima de disipación de energía en el rango elástico (DMI), esto lo indica la norma en el ítem D.9.2 1 “Usos de la mampostería no reforzada”.

Se utilizará un coeficiente de disipación de energía (R) igual a 1.0

### 9.3.1. Modelo matemático

Figura 64 Isometría modelo estructural casa museo




Fuente: Elaboración propia

Figura 65 Propiedades mecánicas de los materiales

| Name | Type | E | v | Unit Weight | Design Strengths |
|---|---|---|---|---|---|
| | | kN/m² | | kN/m³ | |
| 3000Psi | Concrete | 21525562.4 | 0.2 | 23.6 | Fc=20684.27 kN/m² |
| 4000Psi | Concrete | 24855578.1 | 0.2 | 23.6 | Fc=27579.03 kN/m² |
| A416Gr270 | Tendon | 196500600 | 0 | 77 | Fy=1689905.16 kN/m², Fu=1861584.63 kN/m² |
| A615Gr60 | Rebar | 199947979 | 0.3 | 77 | Fy=413685.47 kN/m², Fu=620528.21 kN/m² |
| A992Fy50 | Steel | 199947979 | 0.3 | 77 | Fy=344737.89 kN/m², Fu=448159.26 kN/m² |
| M1500Psi | Masonry | 9307923.15 | 0.2 | 21.2 | |

Fuente: Elaboración propia

Figura 66 Propiedades de elementos tipo shell

| Name | Material | Element Type | Thickness |
|---|---|---|---|
| | | | m |
| MP10 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.1 |
| MP15 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.15 |
| MP20 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.2 |
| MP25 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.25 |
| MP30 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.3 |
| MP35 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.35 |
| MP40 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.4 |
| MP45 | M1500Psi | Shell-Thin | 0.45 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 67 Propiedades de elementos tipo "frame"

| Name | Material | Shape |
|---|---|---|
| Col 0.25x0.30 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.27x0.37 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.30x0.30 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.35x0.35 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.3x0.4 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.45x0.35 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.45x0.4 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.4x0.25 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.4x0.4 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Col 0.50x0.35 | 4000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.18x0.2 | 3000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.1x0.1 | 3000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.25x0.3 | 3000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.2x0.2 | 3000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.30x0.40 | 3000Psi | Concrete Rectangular |
| Viga 0.35x0.45 | 3000Psi | Concrete Rectangular |

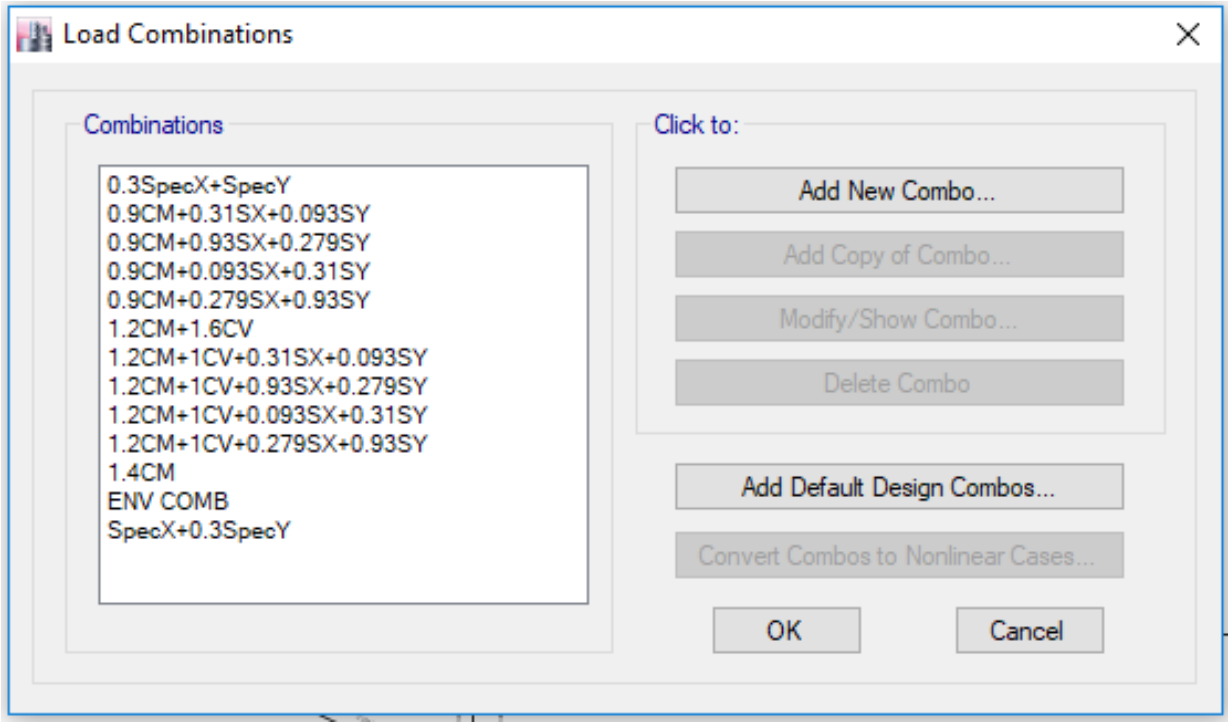
Fuente: Elaboración propia

Figura 68 Casos de carga definidos al modelo

| Name | Type |
|---|---|
| CM | Linear Static |
| CV | Linear Static |
| SPEC XDER | Response Spectrum |
| SPEC YDER | Response Spectrum |
| SPEC XDIS | Response Spectrum |
| SPEC YDIS | Response Spectrum |
| FHX | Linear Static |
| FHY | Linear Static |

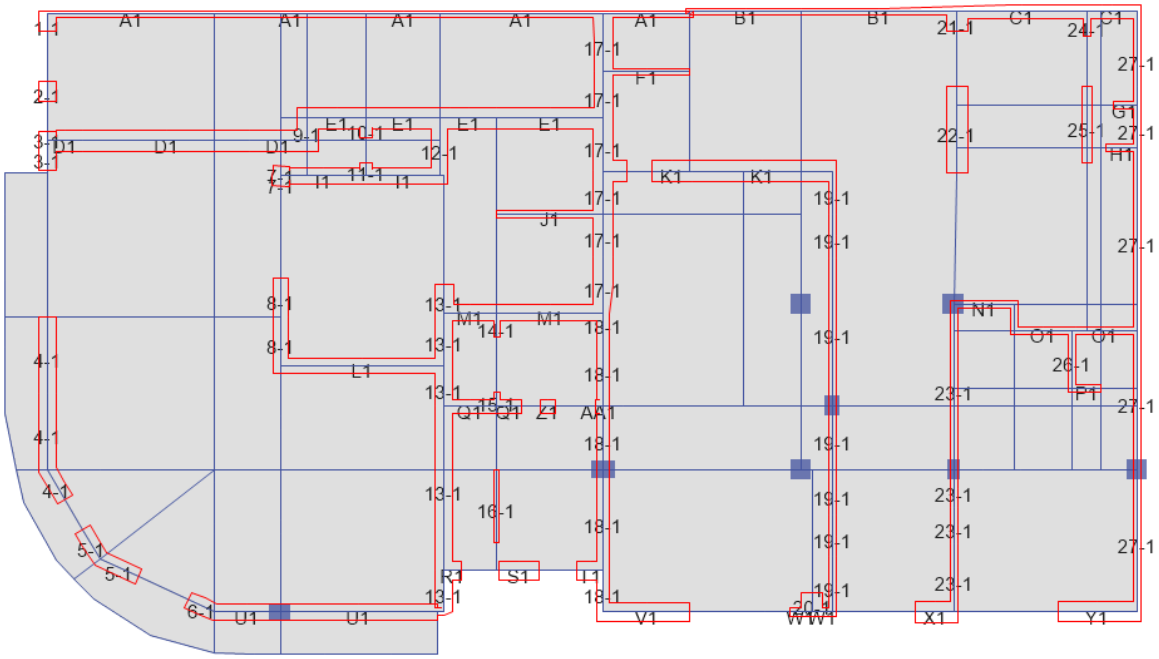
Fuente: Elaboración propia

Figura 69 Combinaciones de carga definidas al modelo



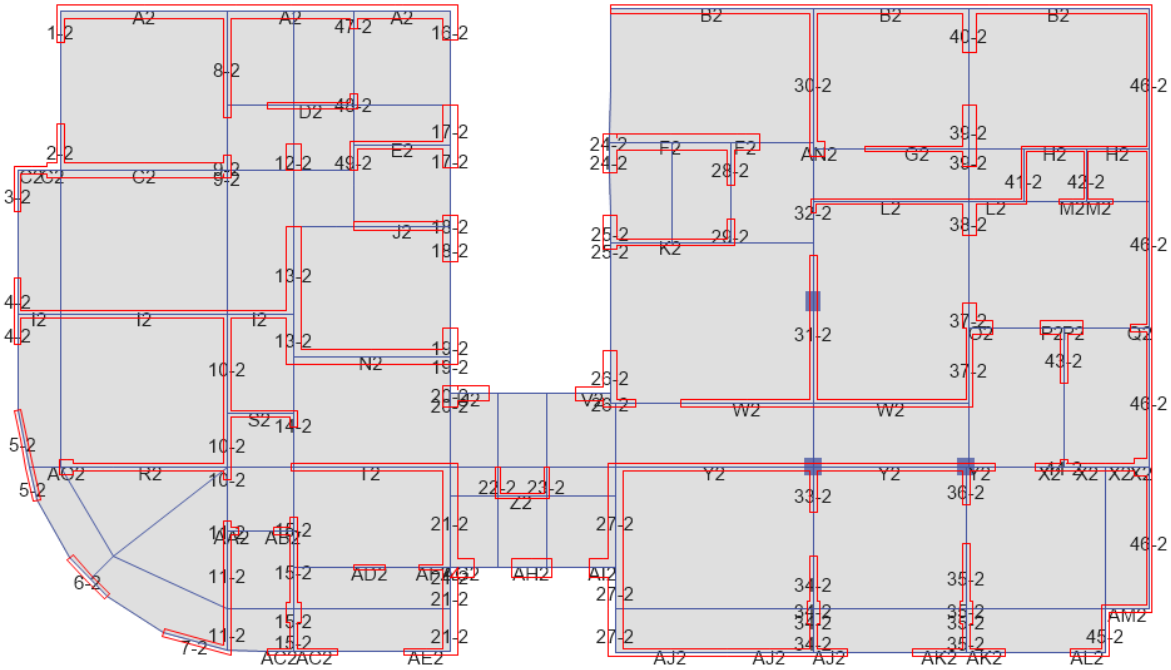

Fuente: Elaboración propia

Figura 70 Asignación de piers piso 1



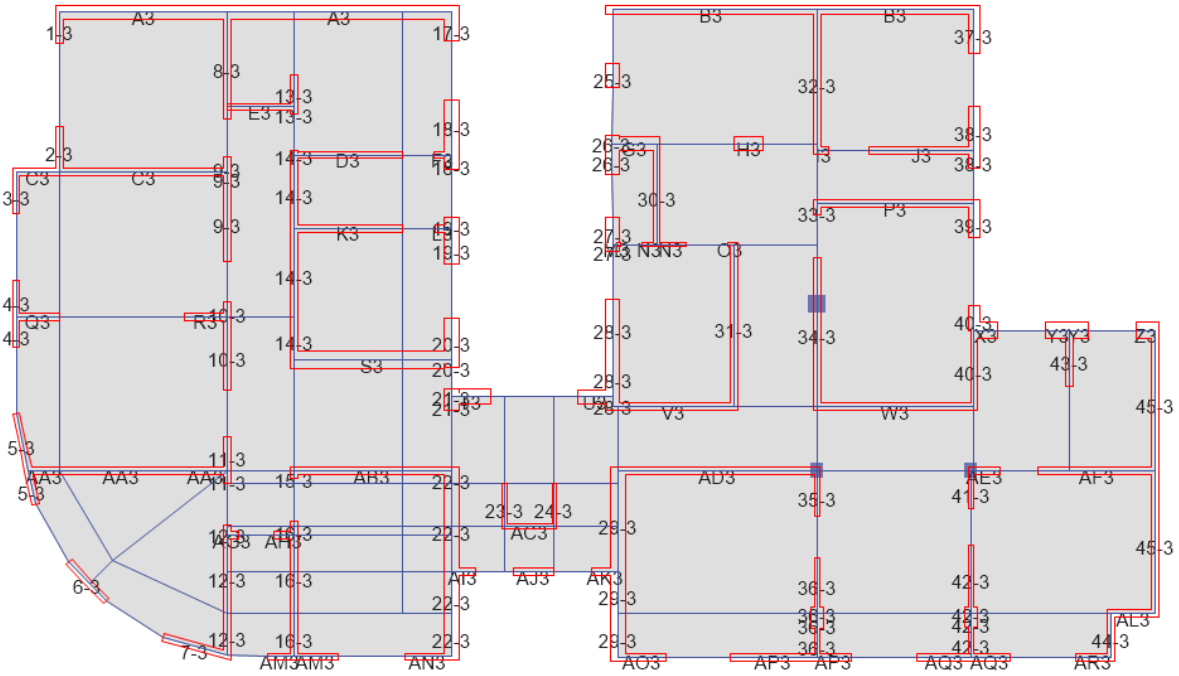
Fuente: Elaboración propia

Figura 71 Asignación de piers piso 2



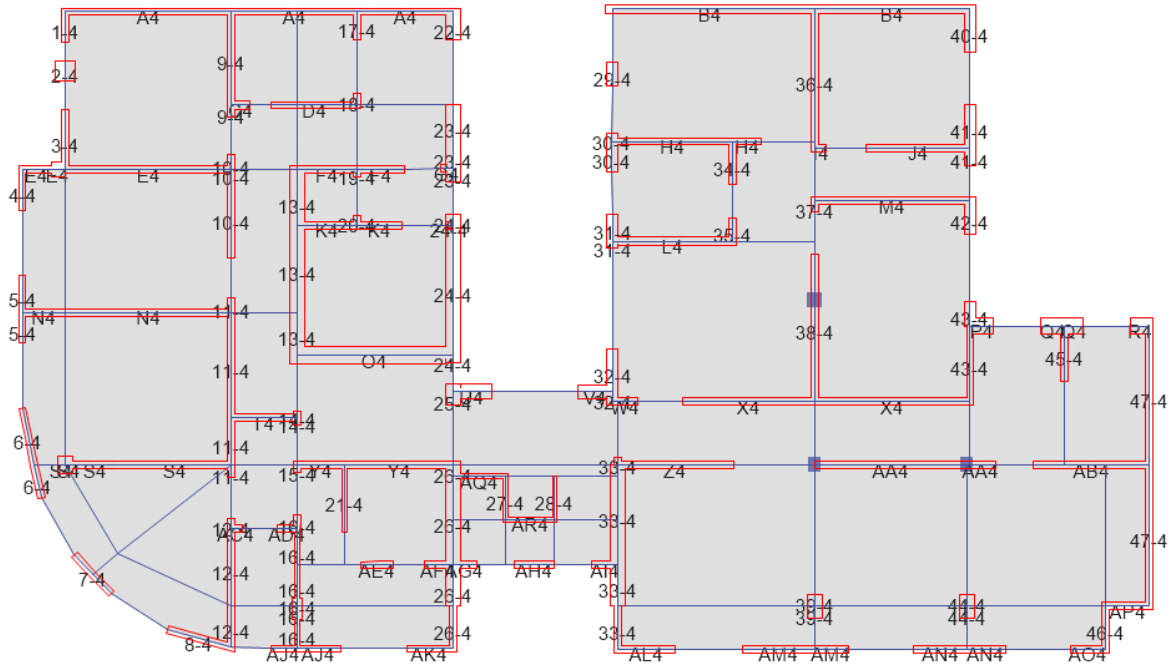
Fuente: Elaboración propia

Figura 72 Asignación de piers piso 3



Fuente: Elaboración propia

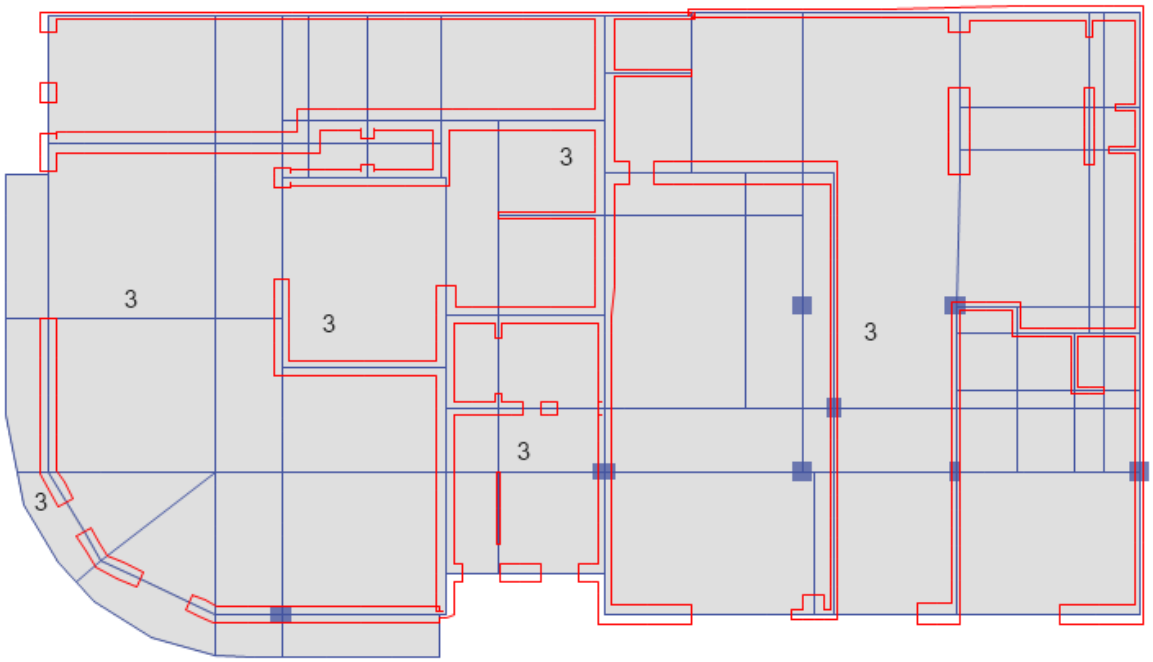
Figura 73 Asignación de piers piso 4



Fuente: Elaboración propia

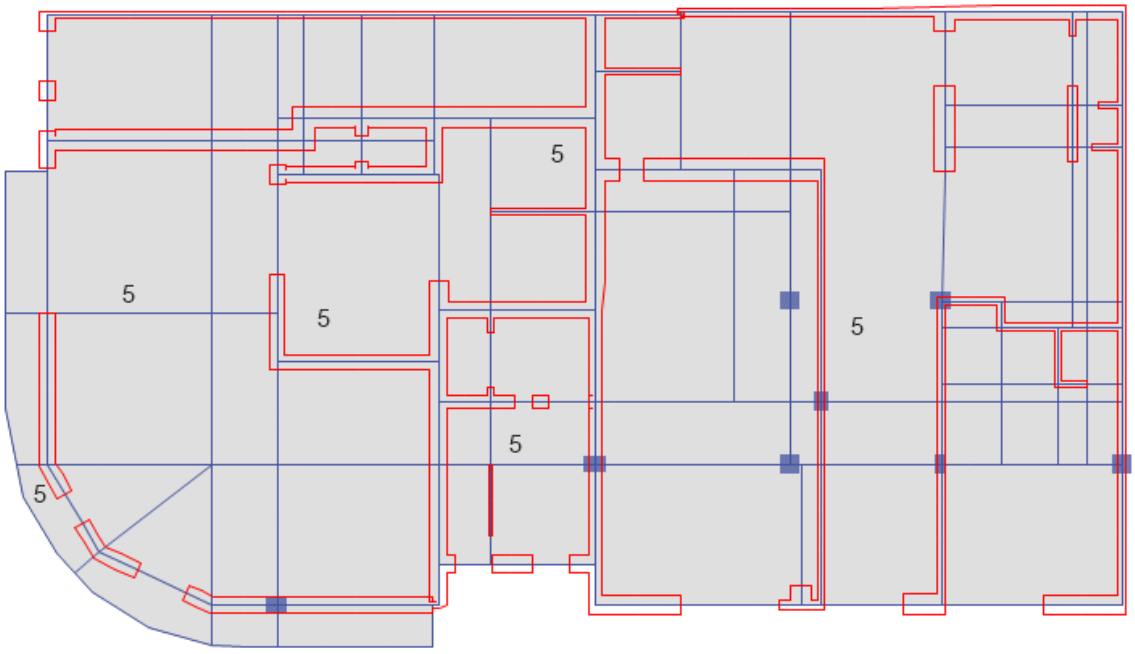
### 9.3.2. Aplicación de cargas

Figura 74 Aplicación de carga muerta en piso 1 (kN/m2)



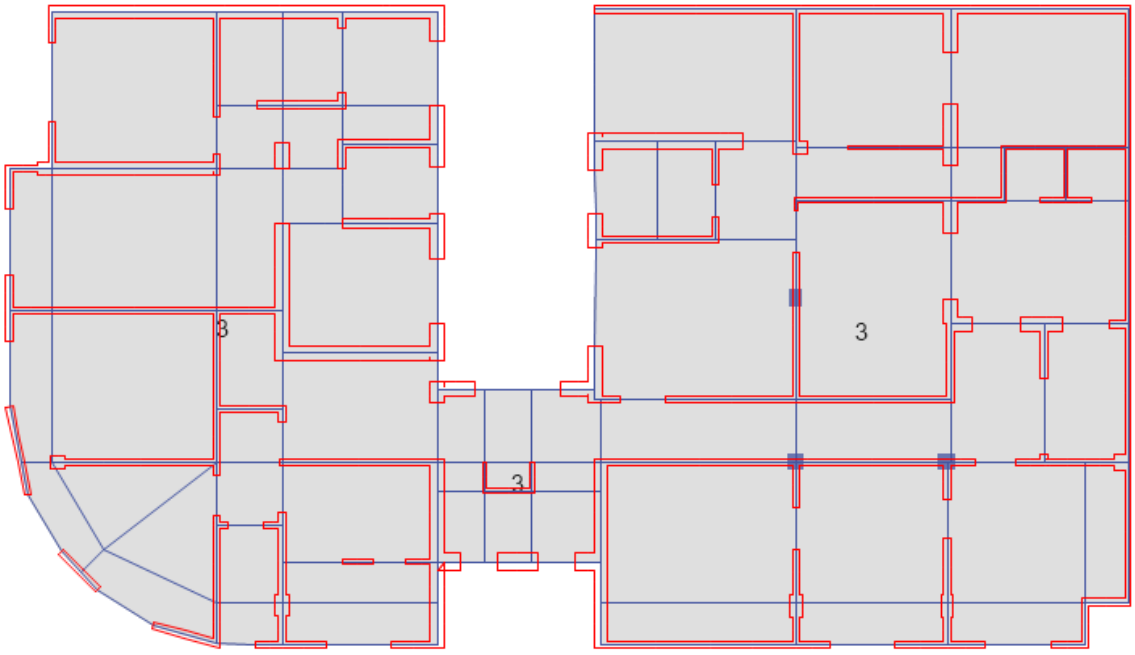

Fuente: Elaboración propia

Figura 75 Aplicación de carga viva en piso 1 (kN/m2)



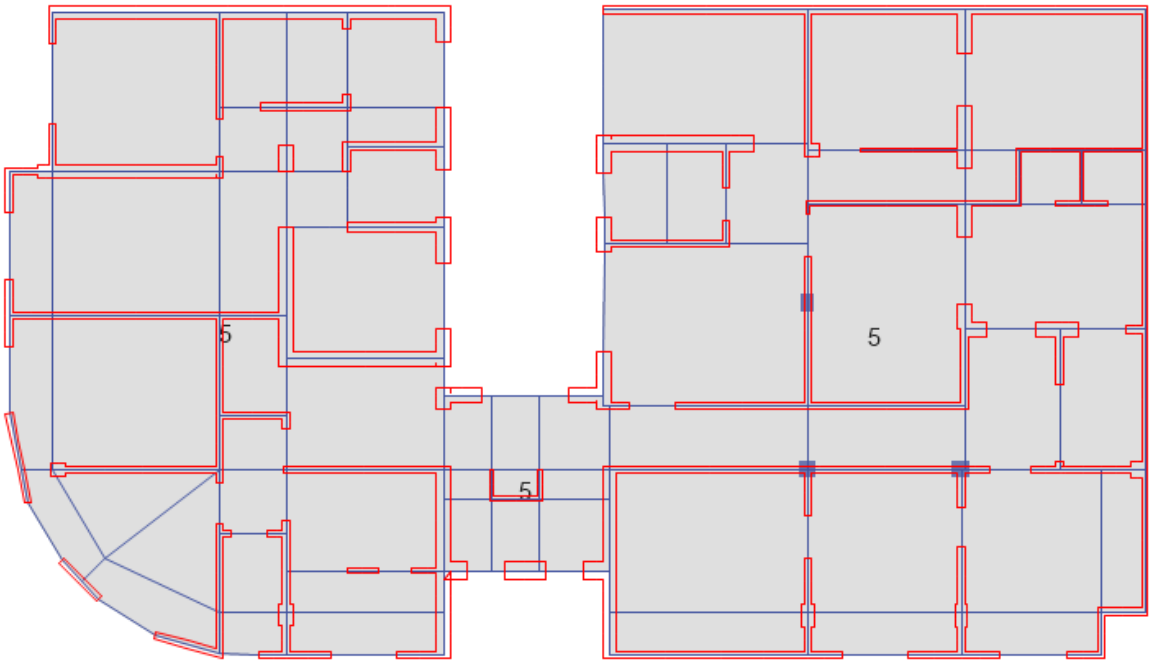

Fuente: Elaboración propia

Figura 76 Aplicación de carga muerta en piso 2 (kN/m2)



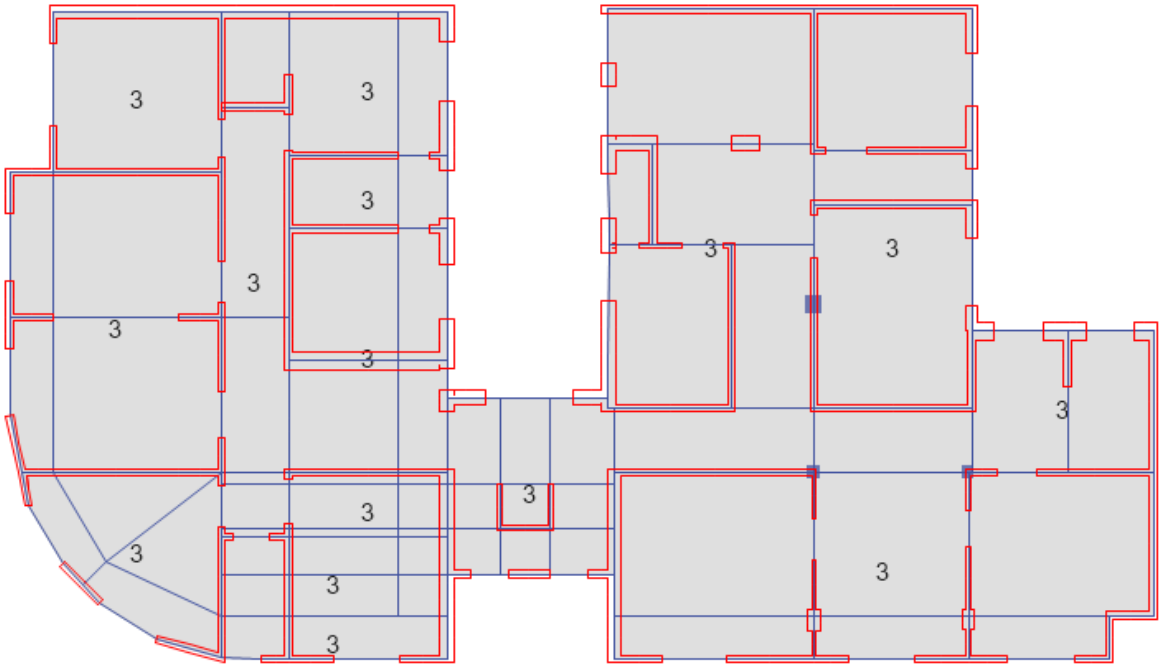

Fuente: Elaboración propia

Figura 77 Aplicación de carga viva en piso 2 (kN/m2)



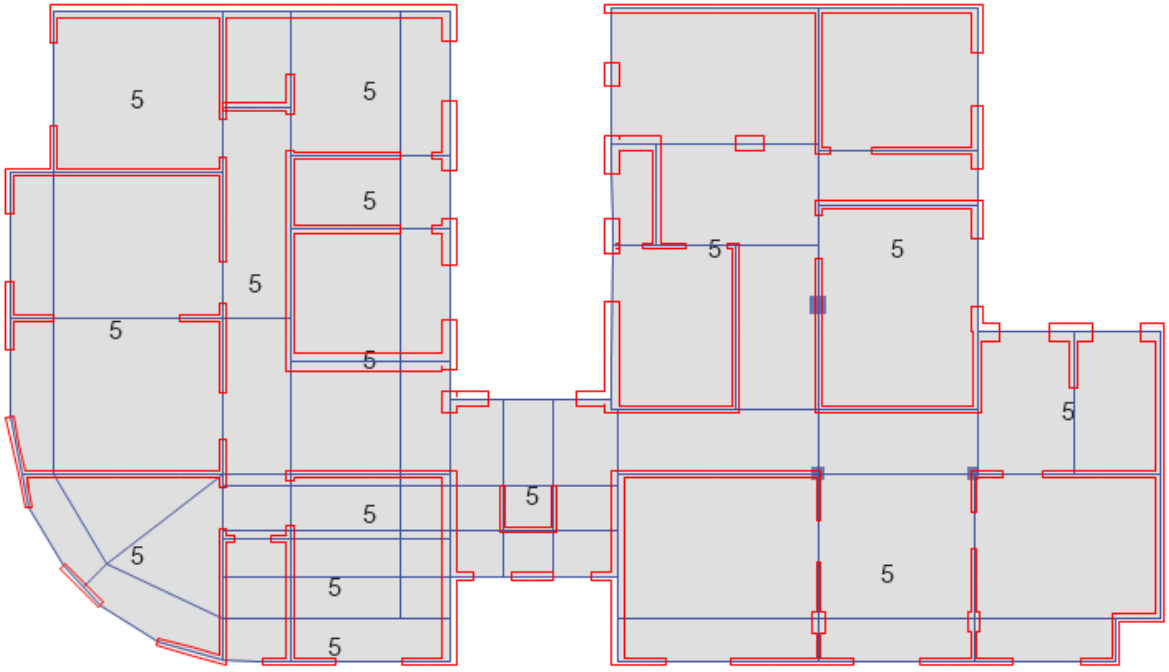

Fuente: Elaboración propia

Figura 78 Aplicación de carga muerta en piso 3 (kN/m2)



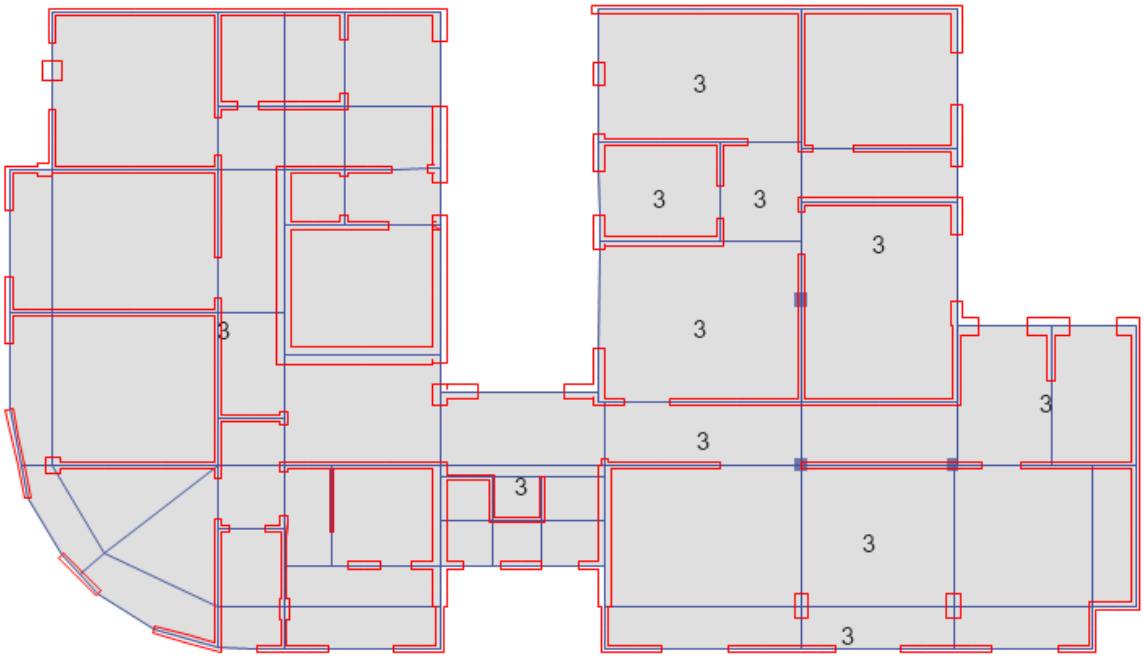

Fuente: Elaboración propia

Figura 79 Aplicación de carga viva en piso 3 (kN/m2)



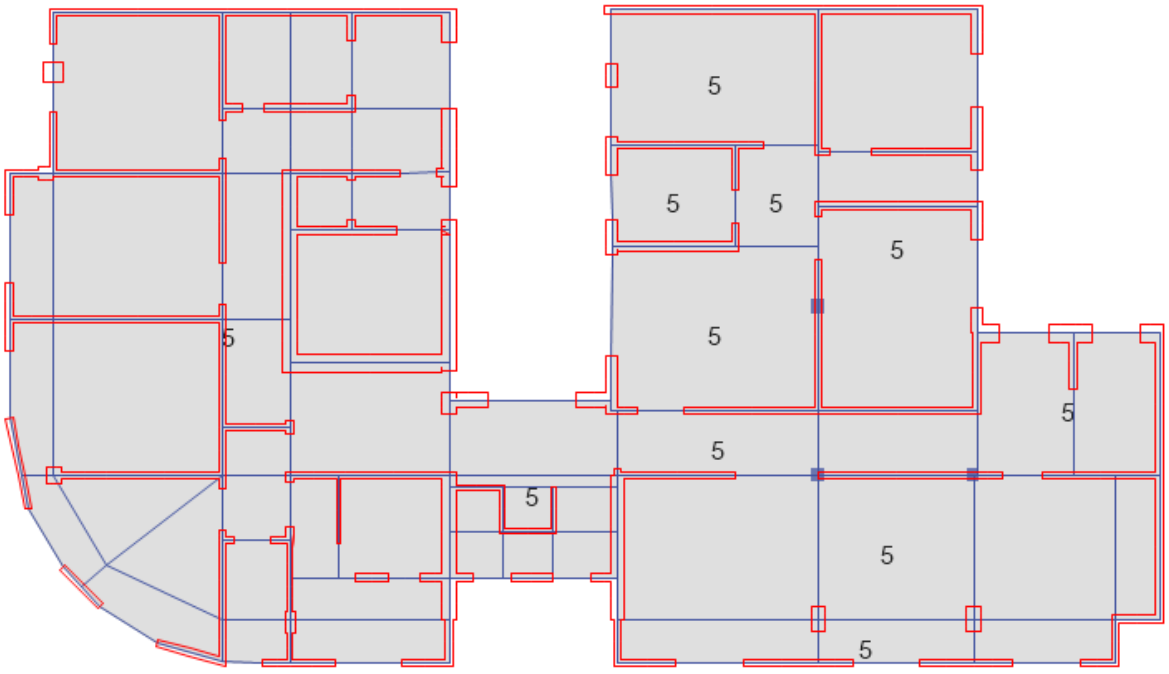

Fuente: Elaboración propia

Figura 80 Aplicación de carga muerta en piso 4 (kN/m2)




Fuente: Elaboración propia

Figura 81 Aplicación de carga viva en piso 4 (kN/m2)




Fuente: Elaboración propia

## 9.4. Encuadre Sísmico

El espectro de diseño se construye a partir de la información brindada por la microzonificación sísmica de Bogotá según lo dictado en el decreto 523 del 16 de diciembre del 2010. De acuerdo con la ubicación del proyecto, se establece la zona geotécnica "PIEDEMONTE B" el cual hace referencia a un suelo coluvial.

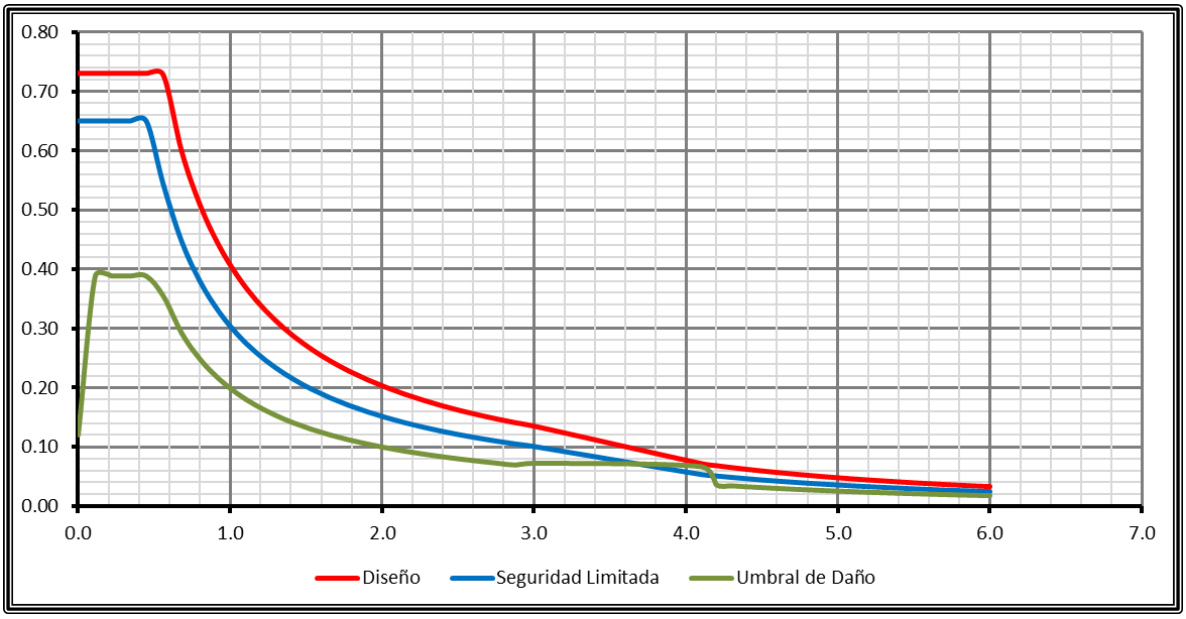
A continuación, se exponen los parámetros sísmicos empleados en la revisión:

Figura 82 Parámetros sísmicos de diseño para zona de Piedemonte B

| Zona de respuesta sísmica | |
|---|---|
| Piedemonte B | |
| I | 1.00 |
| Aa | 0.15 |
| Av | 0.20 |
| Fa | 1.95 |
| Fv | 1.70 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 83 Espectro sísmicos de Piedemonte B




Fuente: Elaboración propia

## 9.5. Participación de masa y cortante basal

Se garantizó que la participación de masa en los últimos modos tienda a 90% para condiciones dinámicas.

Así mismo, se ajusto el cortante basal teniendo en cuenta un factor de corrección de 0.9 para estructuras irregulares.

Figura 84 Participación de masa para estado dinámico

| Case | Item Type | Item | Static | Dynamic |
|---|---|---|---|---|
| | | | % | % |
| Modal | Acceleration | UX | 99.87 | 89.93 |
| Modal | Acceleration | UY | 99.95 | 92.72 |
| Modal | Acceleration | UZ | 0 | 0 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 85 Ajuste cortante basal

| Load Case/Combo | FX kN | FY kN |
|---|---|---|
| SPEC XDER Max | 6596.7067 | 2520.0452 |
| SPEC YDER Max | 2541.8996 | 6596.757 |
| FHX | -7329.7054 | -1.54E-06 |
| FHY | 4.19E-06 | -7329.7054 |

Fuente: Elaboración propia

## 9.6. Límites de flexibilidad

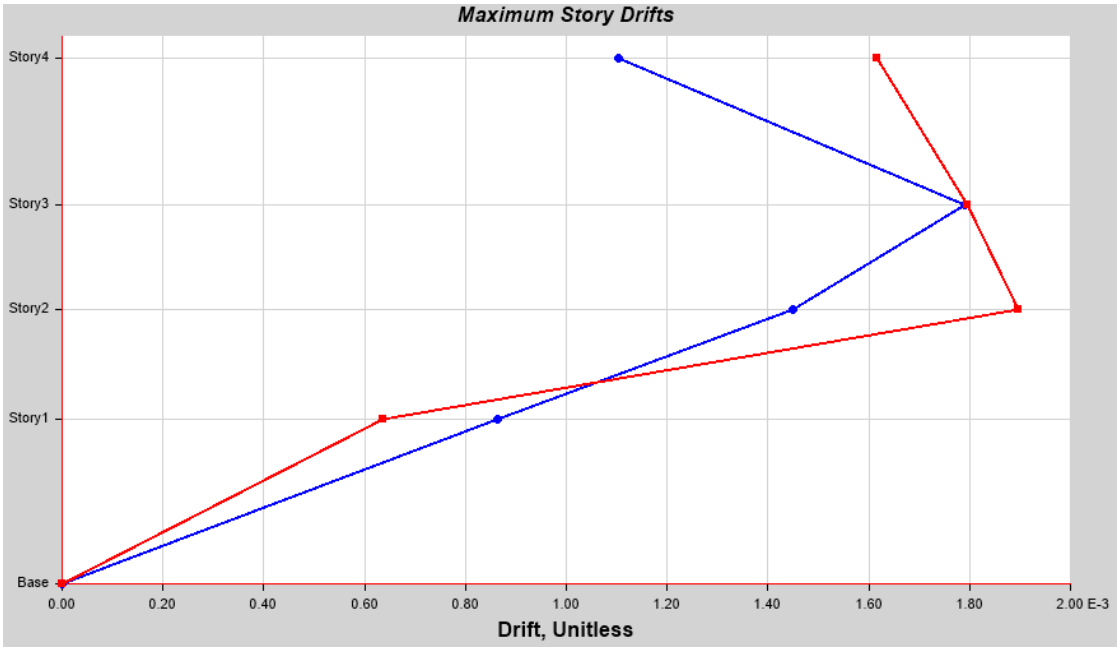
El índice de flexibilidad se determinó para indicar la susceptibilidad de la estructura a tener deflexiones con respecto a las permitidas por la NSR-10 en el ítem A.6.4, la cual dicta una deriva máxima para mampostería simple de 0.5%

Para realizar el análisis dinámico de la estructura, se combinaron las acciones de sismo de la siguiente manera:

- EQX=100% sismoX+30%sismoY
- EQX=30% sismoX+100%sismoY

A continuación, se exponen las derivas máximas tanto en dirección X como en Y, y sus respectivos índices de flexibilidad:

Figura 86 Derivas por 100% spec X y 30% spec Y



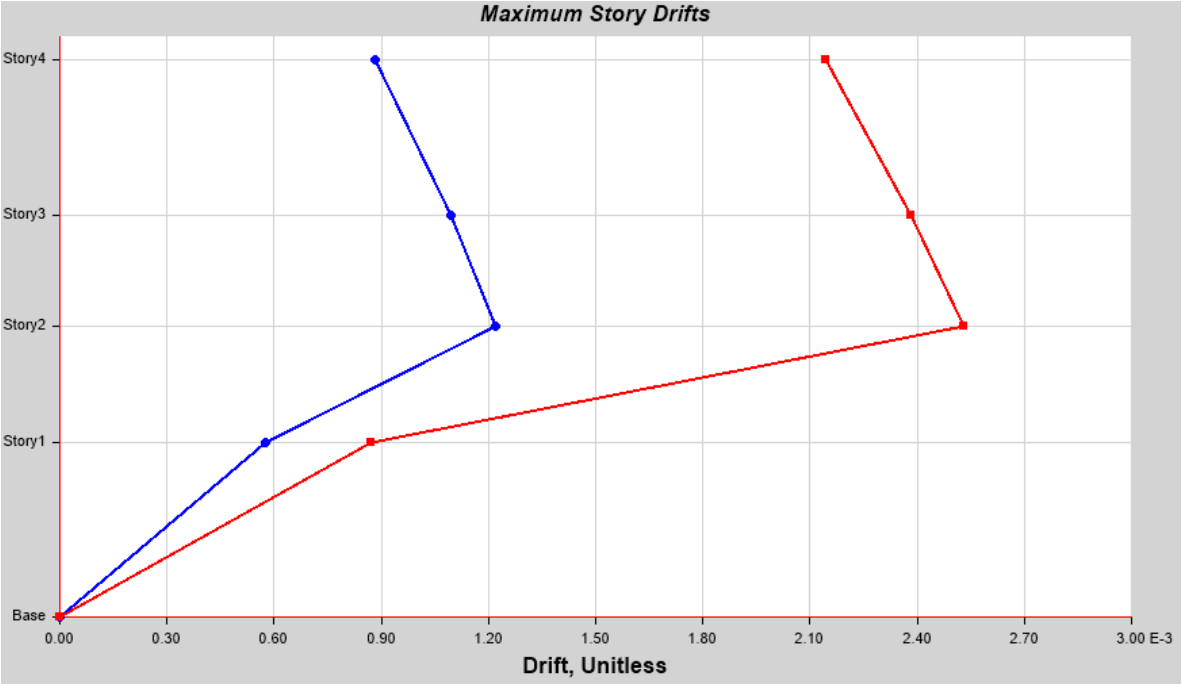

Fuente: Elaboración propia

Figura 87 Derivas e índice de flexibilidad en dirección X

| 1SismoX+0.3SismoY en X | | |
|---|---|---|
| Piso | Deriva (%) | Indice Flex. |
| Story 1 | 0.07 | 0.14 |
| Story 2 | 0.11 | 0.22 |
| Story 3 | 0.13 | 0.26 |
| Story 4 | 0.08 | 0.16 |
| Max (%) | | 0.26 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 88 Derivas por 100% Spec Y 30% spec X




Fuente: Elaboración propia

Figura 89 Derivas e índice de flexibilidad en dirección Y

| 0.3SismoX+1SismoY en Y | | |
|---|---|---|
| Piso | Deriva (%) | Indice Flex. |
| Story 1 | 0.09 | 0.18 |
| Story 2 | 0.25 | 0.50 |
| Story 3 | 0.24 | 0.48 |
| Story 4 | 0.21 | 0.43 |
| Max (%) | | 0.50 |

Fuente: Elaboración propia

## 9.7. Relación entre demanda y capacidad

El índice de sobreesfuerzo se determinó para comprobar el comportamiento de los elementos estructurales en condiciones de resistencia y servicio, tal como se estipula en la NSR-10.

En cuanto al cálculo de la capacidad, se determinó teniendo en cuenta la calidad del diseño y la construcción de la estructura y el estado actual de la misma. Esto se ve representado en los factores Φc y Φe. Φc se tomó como 0.8, que corresponde a una calidad de diseño y construcción regular y Φe se tomó como 0.6, lo cual corresponde a un mal estado actual de la edificación.

Tabla 9 Valores de Φc y Φe

**Tabla A.10.4-1**
**Valores de $\phi_c$ y $\phi_e$**

| | Calidad del diseño y la construcción, o del estado de la edificación | | |
|---|---|---|---|
| | Buena | Regular | Mala |
| $\phi_c$ o $\phi_e$ | 1.0 | 0.8 | 0.6 |

Fuente: NSR-10

## 9.8. Muros

A continuación, se exponen los índices de sobreesfuerzo para cada uno de los “piers”:

Figura 90 Estado de "piers" según índice de sobreesfuerzo

| PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO | PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO | PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N2 | NO CUMPLE | 3.33 | AR4 | OK | 1.00 | AA2 | OK | 0.18 |
| N1 | OK | 1.35 | AR3 | OK | 0.93 | AA1 | OK | 0.41 |
| M4 | OK | 1.26 | AQ4 | OK | 0.36 | A4 | NO CUMPLE | 5.29 |
| M3 | OK | 0.27 | AQ3 | OK | 1.02 | A3 | NO CUMPLE | 12.74 |
| M2 | OK | 0.36 | AP4 | OK | 0.57 | A2 | NO CUMPLE | 20.89 |
| M1 | OK | 1.58 | AP3 | NO CUMPLE | 4.42 | A1 | NO CUMPLE | 29.94 |
| L4 | OK | 0.97 | AO4 | OK | 0.64 | 9-4 | OK | 0.77 |
| L3 | OK | 0.40 | AO3 | NO CUMPLE | 2.50 | 9-3 | OK | 0.88 |
| L2 | NO CUMPLE | 11.74 | AO2 | NO CUMPLE | 1.80 | 9-2 | OK | 0.47 |
| L1 | NO CUMPLE | 2.69 | AN4 | OK | 0.29 | 9-1 | OK | 0.13 |
| K4 | OK | 0.68 | AN3 | OK | 1.14 | 8-4 | OK | 0.51 |
| K3 | NO CUMPLE | 2.13 | AN2 | OK | 0.97 | 8-3 | OK | 1.72 |
| K2 | NO CUMPLE | 2.75 | AM4 | OK | 0.39 | 8-2 | NO CUMPLE | 3.02 |
| K1 | NO CUMPLE | 1.86 | AM3 | OK | 1.00 | 8-1 | NO CUMPLE | 3.43 |
| J4 | OK | 0.46 | AM2 | NO CUMPLE | 3.39 | 7-4 | OK | 0.10 |
| J3 | OK | 0.92 | AL4 | OK | 0.73 | 7-3 | OK | 0.99 |
| J2 | OK | 1.46 | AL3 | OK | 1.08 | 7-2 | OK | 1.08 |
| J1 | NO CUMPLE | 2.04 | AL2 | OK | 0.87 | 7-1 | OK | 0.20 |
| I4 | OK | 0.33 | AK4 | OK | 0.69 | 6-4 | OK | 0.55 |
| I3 | OK | 0.51 | AK3 | OK | 0.78 | 6-3 | OK | 0.21 |
| I2 | NO CUMPLE | 12.43 | AK2 | OK | 1.00 | 6-2 | OK | 0.20 |
| I1 | OK | 1.19 | AJ4 | OK | 0.65 | 6-1 | OK | 0.97 |
| H4 | OK | 1.16 | AJ3 | OK | 0.42 | 5-4 | OK | 0.93 |
| H3 | OK | 0.44 | AJ2 | NO CUMPLE | 4.65 | 5-3 | OK | 0.88 |
| H2 | NO CUMPLE | 3.55 | AI4 | OK | 0.32 | 5-2 | OK | 0.63 |
| H1 | OK | 0.52 | AI3 | OK | 0.54 | 5-1 | OK | 0.50 |
| G4 | OK | 0.26 | AI2 | OK | 0.65 | 49-2 | NO CUMPLE | 4.48 |
| G3 | OK | 0.85 | AH4 | OK | 0.21 | 48-2 | OK | 0.19 |
| G2 | NO CUMPLE | 2.36 | AH3 | OK | 0.24 | 47-4 | NO CUMPLE | 3.47 |
| G1 | OK | 0.45 | AH2 | OK | 0.22 | 47-2 | OK | 0.25 |
| F4 | OK | 1.05 | AG4 | OK | 0.26 | 46-4 | OK | 0.65 |
| F3 | OK | 0.35 | AG3 | OK | 0.20 | 46-2 | NO CUMPLE | 49.09 |
| F2 | NO CUMPLE | 2.86 | AG2 | OK | 1.11 | 45-4 | OK | 0.24 |
| F1 | OK | 1.35 | AF4 | OK | 0.22 | 45-3 | NO CUMPLE | 12.82 |
| E4 | OK | 1.37 | AF3 | NO CUMPLE | 2.10 | 45-2 | OK | 1.44 |
| E3 | NO CUMPLE | 2.36 | AF2 | OK | 1.13 | 44-4 | OK | 0.15 |
| E2 | NO CUMPLE | 4.20 | AE4 | OK | 0.06 | 44-3 | OK | 1.19 |
| E1 | NO CUMPLE | 2.96 | AE3 | OK | 1.24 | 44-2 | OK | 0.11 |
| D4 | OK | 1.07 | AE2 | OK | 1.16 | 4-4 | OK | 0.47 |
| D3 | NO CUMPLE | 7.20 | AD4 | OK | 0.31 | 43-4 | OK | 0.76 |
| D2 | NO CUMPLE | 1.86 | AD3 | NO CUMPLE | 4.87 | 43-3 | OK | 0.57 |
| D1 | NO CUMPLE | 3.33 | AD2 | OK | 0.53 | 43-2 | OK | 0.75 |
| C4 | OK | 0.32 | AC4 | OK | 0.23 | 4-3 | NO CUMPLE | 1.52 |
| C3 | NO CUMPLE | 3.39 | AC3 | OK | 0.58 | 42-4 | OK | 0.11 |
| C2 | NO CUMPLE | 2.06 | AC2 | OK | 1.08 | 42-3 | OK | 1.78 |
| C1 | NO CUMPLE | 3.26 | AB4 | NO CUMPLE | 1.63 | 42-2 | OK | 0.37 |
| B4 | NO CUMPLE | 2.54 | AB3 | NO CUMPLE | 3.20 | 4-2 | NO CUMPLE | 1.54 |
| B3 | NO CUMPLE | 10.41 | AB2 | OK | 0.43 | 41-4 | OK | 0.22 |
| B2 | NO CUMPLE | 25.25 | AA4 | NO CUMPLE | 2.05 | 41-3 | OK | 0.67 |
| B1 | NO CUMPLE | 10.30 | AA3 | NO CUMPLE | 6.72 | 41-2 | OK | 0.45 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 91 Estado de "piers" según índice de sobreesfuerzo

| PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO | PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO | PIER | ESTADO | ÍNDICE SOBREESFUERZO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4-1 | NO CUMPLE | 6.62 | 26-2 | OK | 1.38 | 14-4 | OK | 0.33 |
| 40-4 | OK | 0.35 | 26-1 | OK | 0.75 | 14-3 | NO CUMPLE | 10.85 |
| 40-3 | NO CUMPLE | 2.13 | 25-4 | OK | 0.13 | 14-2 | OK | 1.53 |
| 40-2 | OK | 0.94 | 25-3 | OK | 0.09 | 14-1 | OK | 0.24 |
| 39-4 | OK | 0.18 | 25-2 | OK | 0.91 | 1-4 | OK | 0.53 |
| 39-3 | OK | 0.47 | 25-1 | OK | 1.01 | 13-4 | OK | 1.09 |
| 39-2 | OK | 1.02 | 24-4 | OK | 0.81 | 13-3 | OK | 1.49 |
| 38-4 | OK | 1.28 | 24-3 | OK | 1.23 | 13-2 | NO CUMPLE | 4.57 |
| 38-3 | OK | 0.79 | 24-2 | OK | 0.91 | 13-1 | NO CUMPLE | 9.79 |
| 38-2 | OK | 0.39 | 24-1 | OK | 0.51 | 1-3 | OK | 0.79 |
| 37-4 | OK | 0.57 | 2-4 | OK | 0.04 | 12-4 | OK | 0.78 |
| 37-3 | OK | 1.26 | 23-4 | OK | 0.19 | 12-3 | OK | 1.79 |
| 37-2 | NO CUMPLE | 3.78 | 23-3 | NO CUMPLE | 1.91 | 12-2 | OK | 0.27 |
| 36-4 | NO CUMPLE | 1.82 | 23-2 | NO CUMPLE | 1.82 | 12-1 | OK | 0.79 |
| 36-3 | NO CUMPLE | 2.34 | 23-1 | NO CUMPLE | 10.82 | 1-2 | NO CUMPLE | 1.67 |
| 36-2 | OK | 1.54 | 2-3 | OK | 0.89 | 11-4 | NO CUMPLE | 3.09 |
| 35-4 | OK | 0.66 | 22-4 | OK | 0.22 | 11-3 | OK | 1.33 |
| 35-3 | OK | 1.02 | 22-3 | NO CUMPLE | 4.05 | 11-2 | NO CUMPLE | 4.63 |
| 35-2 | NO CUMPLE | 2.83 | 22-2 | NO CUMPLE | 2.10 | 11-1 | OK | 0.13 |
| 34-4 | OK | 0.20 | 22-1 | OK | 0.61 | 1-1 | OK | 0.74 |
| 34-3 | NO CUMPLE | 2.23 | 2-2 | NO CUMPLE | 4.00 | 10-4 | OK | 0.44 |
| 34-2 | NO CUMPLE | 3.60 | 21-4 | OK | 1.05 | 10-3 | NO CUMPLE | 3.74 |
| 3-4 | OK | 0.60 | 21-3 | OK | 0.17 | 10-2 | NO CUMPLE | 4.98 |
| 33-4 | OK | 1.34 | 21-2 | NO CUMPLE | 8.86 | 10-1 | OK | 0.42 |
| 33-3 | OK | 0.62 | 21-1 | OK | 0.23 | | | |
| 33-2 | OK | 0.61 | 2-1 | OK | 0.07 | | | |
| 3-3 | OK | 0.63 | 20-4 | OK | 0.08 | | | |
| 32-4 | OK | 0.28 | 20-3 | OK | 0.98 | | | |
| 32-3 | NO CUMPLE | 3.65 | 20-2 | OK | 0.29 | | | |
| 32-2 | OK | 1.33 | 20-1 | OK | 0.66 | | | |
| 3-2 | OK | 0.62 | 19-4 | OK | 0.06 | | | |
| 31-4 | OK | 0.27 | 19-3 | OK | 0.69 | | | |
| 31-3 | NO CUMPLE | 4.67 | 19-2 | NO CUMPLE | 2.53 | | | |
| 31-2 | OK | 1.99 | 19-1 | NO CUMPLE | 4.52 | | | |
| 3-1 | OK | 1.13 | 18-4 | OK | 0.15 | | | |
| 30-4 | OK | 0.21 | 18-3 | OK | 0.70 | | | |
| 30-3 | OK | 1.66 | 18-2 | OK | 0.38 | | | |
| 30-2 | NO CUMPLE | 4.60 | 18-1 | NO CUMPLE | 6.65 | | | |
| 29-4 | OK | 0.05 | 17-4 | OK | 0.13 | | | |
| 29-3 | NO CUMPLE | 4.31 | 17-3 | OK | 0.58 | | | |
| 29-2 | OK | 0.78 | 17-2 | NO CUMPLE | 3.39 | | | |
| 28-4 | OK | 0.95 | 17-1 | NO CUMPLE | 3.39 | | | |
| 28-3 | OK | 1.30 | 16-4 | OK | 1.33 | | | |
| 28-2 | NO CUMPLE | 2.76 | 16-3 | NO CUMPLE | 2.01 | | | |
| 27-4 | NO CUMPLE | 1.41 | 16-2 | OK | 0.70 | | | |
| 27-3 | OK | 0.45 | 16-1 | NO CUMPLE | 4.11 | | | |
| 27-2 | NO CUMPLE | 9.86 | 15-4 | OK | 0.51 | | | |
| 27-1 | NO CUMPLE | 22.51 | 15-3 | OK | 0.36 | | | |
| 26-4 | OK | 1.11 | 15-2 | NO CUMPLE | 4.85 | | | |
| 26-3 | OK | 0.77 | 15-1 | OK | 0.43 | | | |

Fuente: Elaboración propia

## 9.9. Vigas

Para el cálculo de las capacidades de estos elementos, se tuvo en cuenta un F´c de 9 MPa y un Fy de 280 MPa.

Figura 92 Estado de vigas según índice de sobreesfuerzo a flexión

| Relación Capacidad/Demanda de vigas a flexión | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | b viga (m) | h(viga) | rec(m) | Calibre Varilla | No. Varillas | ϕMn (kN*m) | Mu (kN*m) | Índice | Estado |
| R3-R4 viga piso 2 E2 | 0.25 | 0.3 | 0.02 | 6 | 5 | 30.28 | 9.43 | 0.31 | OK |
| R9-R10 viga piso 2 E1 | 0.25 | 0.3 | 0.02 | 6 | 4 | 27.10 | 36.59 | 1.35 | NO CUMPLE |
| R5-R6 viga C piso 3 | 0.3 | 0.4 | 0.03 | 6 | 2 | 23.11 | 103.06 | 4.46 | NO CUMPLE |
| R7-R8 viga EB piso 4 | 0.25 | 0.25 | 0.03 | 6 | 4 | 18.83 | 24.71 | 1.31 | NO CUMPLE |
| R11-R12 viga C piso 4 | 0.3 | 0.4 | 0.03 | 6 | 2 | 23.11 | 71.63 | 3.10 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

Figura 93 Estado de vigas según índice de sobreesfuerzo a cortante

| Relación Capacidad/Demanda de vigas a cortante | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Elemento | b viga (m) | h(viga) | rec(m) | Calibre Varilla | No. Varillas | Vn (kN) | Vu (kN) | Índice | Estado |
| R3-R4 viga piso 2 E2 | 0.25 | 0.3 | 0.02 | 6 | 5 | 41.97 | 37.98 | 0.90 | OK |
| R9-R10 viga piso 2 E1 | 0.25 | 0.3 | 0.02 | 6 | 4 | 31.10 | 37.99 | 1.22 | NO CUMPLE |
| R5-R6 viga C piso 3 | 0.3 | 0.4 | 0.03 | 6 | 2 | 30.19 | 75.26 | 2.49 | NO CUMPLE |
| R7-R8 viga EB piso 4 | 0.25 | 0.25 | 0.03 | 6 | 4 | 27.07 | 33.35 | 1.23 | NO CUMPLE |
| R11-R12 viga C piso 4 | 0.3 | 0.4 | 0.03 | 6 | 2 | 37.42 | 63.16 | 1.69 | NO CUMPLE |

Fuente: Elaboración propia

# 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 10.1. Materiales

Se obtuvo una resistencia a la compresión en promedio de 9MPa en los elementos concreto.
A la vista se observan agregados redondeados con alto contenido de vacíos, con mala gradación y el concreto en general tiene un bajo contenido de material cementante.

Los resultados de velocidad de pulso dan indicios de un concreto de muy baja calidad, salvo el concreto de la cimentación, el cual presenta una buena condición.

No se encontró una profundidad de carbonatación sobre las muestras, dado que los elementos presentan con un recubrimiento con revoque de al menos 2cm protegiendo al material de la penetración de CO2.

Realizadas las regatas, no encontramos procesos de corrosión del acero de refuerzo, este se observa en buenas condiciones, se trata de un acero en su gran mayoría liso, probablemente con un Fy de 2800 Kg/cm2.

## 10.2. Estructura

La estructura en general presenta una condición Mala, es una estructura deshabitada a la cual no se le ha realizado ningún tipo de mantenimiento en los últimos años.

Debido al deterioro de la cubierta, se generan filtraciones afectando la estructura de entrepiso en madera por humedad, sin embargo, aún no se observa crecimiento de líquenes o biocapas sobre el material.

Existen varias zonas en la fachada principal y la fachada lateral, con desprendimientos del mortero que recubre el ladrillo, dejando expuesto el mismo.

Desde el punto de vista estructural, no se tiene un sistema estructural definido claramente, teniendo en la estructura una combinación de sistemas como pórticos de concreto (columnas y vigas) en una pequeña zona de la estructura y muros de mampostería simple. Este sistema estructural no es permitido por la norma para la zona de amenaza sísmica o la altura de la edificación que corresponde al proyecto. Adicionalmente se tiene que el entrepiso es en madera, el cual no se considera que pueda generar de manera adecuada un diafragma de entrepiso.

Referente al comportamiento estructural, se tiene un índice máximo de flexibilidad de 0.61, lo cual indica un buen comportamiento en cuenta a deflexiones. Sin embargo, las relaciones de demanda y capacidad de los elementos de la estructura no presentan índices aceptables, ya que el 49% de los muros y el 80% de las vigas presenta un índice mayor a 1, con un índice promedio de 2.29, sin embargo, se presentan picos de hasta 25.25 en el caso de los muros. En las vigas, se presenta un máximo de 4.46 y un índice promedio de 1.81.

De acuerdo con los resultados de los materiales ensayados, el levantamiento estructural realizado y el estado actual de la estructura, se considera que los elementos que allí se encuentran y que están

dando soporte a cargas verticales, no cumplen ni presentarán un adecuado comportamiento ante cargas sísmicas.

Por lo anterior, y basado en un análisis estructural inicial, se da por descartada la estructura existente como una estructura con posibilidades de ser repotenciada, empleando los elementos estructurales que allí existen.

Teniendo en cuenta el contenido histórico de la zona, y pensando en conservar su identidad, se plantea como posible solución para conservar el exterior de la edificación, el generar internamente una estructura de muros y entrepisos metálicos, a la cual se conecten las fachadas, manteniendo de esta forma la imagen y permitiendo además ajustar internamente la estructura a las necesidades del proyecto (igualar niveles con la estructura nueva proyectada).

# 11. BIBLIOGRAFÍA


- Informe final de la consultoría para la realización de la patología estructural del estadio Nemesio Camacho "El Campín" de Bogotá. AMP - Méndez y Asociados. 2007
- Durabilidad y patología del concreto. Diego Sanchez Guzmán. 2003
- Guide for Making a Condition Survey of Concrete in Service. ACI – American Concrete Institute. 1997
- Causes, Evaluation and Repair Cracks in Concrete Structures. ACI – American Concrete Institute.1998
- Routine Maintenance of Concrete Bridges. ACI - American Concrete Institute.1997
- Guide for Structural Maintenance of Parking Structures. ACI - American Concrete Institute. 2000
- Guide for Evaluation of Concrete Structures Prior to Rehabilitation. ACI – American Concrete Institute. 1999.
- Patología de estructuras de hormigón armado.pdf. Juan Pérez Varcarcel. 2000
- Manual para la evaluación preliminar de la vulnerabilidad de puentes de la red vial principal de Colombia
- ACI RAP Bulletin 6
- Manual de rehabilitación Paulo Helene
- NTC 5551 DURABILIDAD
- Normas Colombianas de diseño y construcción sismo-resistente, NSR-10- Bogotá, Asociación colombiana de ingeniería sísmica, AIS, 2010