

Estudio Patológico y Propuesta de Intervención Parqueaderos Conjunto San Juan de Castilla

Edwin A. Vargas y Jaritzon E. Cruz

Universidad Santo Tomás, Bogota

4 de septiembre de 2020

Nota

Docente: Walter M. Barreto, Especialización en Patología de la Construcción,  
Universidad Santo Tomás, Bogota.

La correspondencia relacionada con este documento deberá ser enviada a  
[edwin.vargasn@gmail.com](mailto:edwin.vargasn@gmail.com) y [ingecruzh@gmail.com](mailto:ingecruzh@gmail.com)

### **Resumen**

En el presente documento encontraras el estudio patológico de una estructura en concreto postensado, específicamente una placa de parqueaderos en un conjunto residencial ubicado en el occidente de Bogotá, dicha estructura está afectada por un sin número de síntomas tales como; fisuras, grietas, humedades, eflorescencias, carbonatación y otras tantas que se observan más detalladamente en el contenido, así mismo se refleja la metodología para abordar un paciente a la hora de iniciar un estudio patológico y los diferentes tipos de ensayos destructivos y no destructivos que se necesitan para hacer una valoración y un diagnóstico del paciente.

**Tabla de Contenido**

<b>Índice de Tablas</b> .....	7
<b>Índice de Figuras</b> .....	9
<b>Introduccion e Informacion General</b> .....	12
<b>Objetivo General</b> .....	13
<b>Objetivos Específicos</b> .....	14
<b>Justificacion</b> .....	15
<b>Alcance</b> .....	16
<b>Metodología</b> .....	17
Fase 1 - Fase de Documentación (Historia Clínica) .....	17
Fase 2 - Fase de Observación de Campo .....	17
Fase 3 - Fase Toma de Datos .....	17
Fase 4 - Fase Muestreo, Pruebas y Análisis.....	18
<b>Fase 1 - Fase de Documentación (Historia Clínica)</b> .....	19
Nombre del Proyecto .....	19
Localización Geográfica .....	19
Antecedentes del Proyecto.....	21
Descripción del Sistema Constructivo .....	22
<i>Tipo de Cimentación</i> .....	22
<i>Sistema Estructural</i> .....	24
Identificación Urbanística del Paciente .....	24
<b>Fase 2 - Fase de Observación de Campo</b> .....	24
Nivel Freático.....	27

Cargas y Medio Ambiente .....	28
<i>Humedad Relativa</i> .....	28
<i>Temperatura</i> .....	28
<i>Presión</i> .....	28
Metodología para la Interpretación de la Imagen Térmica.....	29
<b>Fase 3 - Fase Toma de Datos</b> .....	37
Recuento Fotográfico.....	37
Fichas de Calificación.....	42
Resultados de Calificación Según el Grado de Afectación por Tipología de Lesión por Elementos del Paciente .....	44
Lesiones en General Estructura .....	46
Resultados de Calificación según el Grado de Afectación en General Sótano.....	48
<b>Fase 4 - Fase Muestreo, Pruebas y Análisis</b> .....	51
Prueba de Ultrasonido.....	51
<i>Principios de la Prueba</i> .....	52
<i>Relación Entre la Resistencia a la Compresión y Parámetros de Ultrasonido</i> .....	58
Prueba de Esclerómetro .....	59
<i>Ensayo de Esclerometría</i> .....	59
<i>Relación Entre la Resistencia a la Compresión y Parámetros de Esclerómetro</i> .....	64
Ensayo de Microscopio de Campo al Concreto ASTM C 457 .....	67
<i>Descripción del Sistema</i> .....	68
<i>Principios de la Prueba</i> .....	68
Ensayo de Núcleos Extraídos NTC 3658 - ASTM C 42-13 .....	76

ESTUDIO DE PATOLOGÍA PARQUEADEROS SAN JUAN DE CASTILLA	5
<i>Principios de la Prueba</i> .....	76
<i>Medición</i> .....	77
<i>Ensayo</i> .....	77
<i>Cálculos</i> .....	77
<i>Diámetro</i> .....	78
<i>Longitud</i> .....	78
Ensayo de Resistencia a la Compresión sobre Núcleos de Concreto .....	78
Ensayo Módulo de Elasticidad del Concreto .....	80
Ensayo Contenido de Cemento en el Concreto Endurecido .....	81
Ensayo de Sulfatos en Concreto Endurecido I.N.V.E-233 .....	82
Scanner Prueba de Detección de Refuerzos y Recubrimientos en la Estructural. ....	83
Baja de PH y Carbonatación .....	84
<i>Determinación de Presencia de Carbonatación Mediante Reactivos</i> .....	85
Diagnóstico Conclusivo en Fase de Investigación Preliminar para Determinar las Causas de los Procesos Patológicos.....	94
Revisión de la Documentación e Información Recopilada.....	95
Calidad de los Materiales en Zona de Sótano .....	95
Placa de Entrepiso del Sótano Postensada con Torones .....	98
Consolidado de Resultados a Través de Metodologías Destructivas y no Destructivas.....	99
Planos de Localización por Tipo de Lesión y sus Causas .....	109
<b>Conclusiones</b> .....	114
<b>Recomendaciones</b> .....	115
Alternativa 1.....	115

Alternativa 2.....	115
<b>Lista de Referencias</b> .....	116
<b>Anexos</b> .....	121

**Índice de Tablas**

TABLA 1.....	22
TABLA 2.....	23
TABLA 3.....	27
TABLA 4.....	57
TABLA 5.....	58
TABLA 6.....	65
TABLA 7.....	66
TABLA 8.....	66
TABLA 9.....	78
TABLA 10.....	80
TABLA 11.....	81
TABLA 12.....	82
TABLA 13.....	82
TABLA 14.....	84
TABLA 15.....	94
TABLA 16.....	101
TABLA 17.....	102
TABLA 18.....	103
TABLA 19.....	104
TABLA 20.....	104
TABLA 21.....	105
TABLA 22.....	105

TABLA 23.....	106
TABLA 24.....	107
TABLA 25.....	107
TABLA 26.....	108
TABLA 27.....	109
TABLA 28.....	109

## Índice de Figuras

<i>FIGURA 1.</i> MAPA LOCALIZACIÓN CONJUNTO RESIDENCIAL SAN JUAN DE CASTILLA.....	19
<i>FIGURA 2.</i> MAPA PANORÁMICA GENERAL DEL PROYECTO SAN JUAN DE CASTILLA.....	20
<i>FIGURA 3.</i> MAPA ZONAS DE AMENAZA.....	20
<i>FIGURA 4.</i> MAPA UPZ 79 CALANDAIMA.....	21
<i>FIGURA 5.</i> PLANTA ARQUITECTÓNICA SÓTANO.....	25
<i>FIGURA 6.</i> PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER PISO, ZONA DE PARQUEADEROS (CUBIERTA SÓTANO) Y TORRES.....	25
<i>FIGURA 7.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ....	30
<i>FIGURA 8.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ....	31
<i>FIGURA 9.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ....	32
<i>FIGURA 10.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ...	33
<i>FIGURA 11.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ...	34
<i>FIGURA 12.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ...	35
<i>FIGURA 13.</i> CUADRO DE INSPECCIÓN TERMOGRÁFICA. RESULTADO CAMARA TERMOGRAFICA. ...	36
<i>FIGURA 14.</i> FICHA DE CALIFICACIÓN.....	43
<i>FIGURA 15.</i> LESIONES EN PLACA SUPERIOR SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.....	44
<i>FIGURA 16.</i> TIPO DE LESIONES EN PLACA SUPERIOR EN SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.....	45
<i>FIGURA 17.</i> LESIONES EN ESTRUCTURA DEL SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.....	46
<i>FIGURA 18.</i> TIPO DE LESIONES EN ESTRUCTURA DEL SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN. .....	47
<i>FIGURA 19.</i> TOTAL, DE LESIONES EN SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.....	48

<i>FIGURA 20.</i> LESIONES EN ELEMENTOS DEL SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.....	49
<i>FIGURA 21.</i> TOTAL, DE LESIONES EN GENERAL EN SÓTANO. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN.	50
<i>FIGURA 22.</i> EQUIPO PARA MEDIR VELOCIDAD DEL PULSO ULTRASÓNICO. ....	51
<i>FIGURA 23.</i> DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL SISTEMA DE OPERACIÓN ULTRASONIC PULSE VELOCITY.....	53
<i>FIGURA 24.</i> LECTURAS ENSAYO DE ULTRASONIDO SÓTANO.....	54
<i>FIGURA 25.</i> LECTURAS ENSAYO DE ULTRASONIDO SÓTANO.....	55
<i>FIGURA 26.</i> LECTURAS ENSAYO DE ULTRASONIDO SÓTANO.....	56
<i>FIGURA 27.</i> RESUMEN RESULTADOS ENSAYO DE ULTRASONIDO SÓTANO. CONSOLIDADO DE DATOS. .....	57
<i>FIGURA 28.</i> ESCLERÓMETRO DIGITAL – SILVER SCHMIDT HAMMER C383-10.....	59
<i>FIGURA 29.</i> LECTURAS ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	60
<i>FIGURA 30.</i> LECTURAS ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	61
<i>FIGURA 31.</i> LECTURAS ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	62
<i>FIGURA 32.</i> LECTURAS ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	63
<i>FIGURA 33.</i> PROMEDIO REMANENTE Y RESISTENCIA APROXIMADA, SÓTANO.....	65
<i>FIGURA 34.</i> MICROSCOPIO DE CAMPO – SVP DIGITAL PORTÁTIL MOBILE MAGNIFIER MICROSCOPE BINOCULARES .....	67
<i>FIGURA 35.</i> MATRIZ DE CONCRETO AFECTADA. LAS GRIETAS ABIERTAS SE LLENAN PARCIALMENTE CON CARBONATO .....	68
<i>FIGURA 36.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	69
<i>FIGURA 37.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	70
<i>FIGURA 38.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	71

<i>FIGURA 39.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	72
<i>FIGURA 40.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	73
<i>FIGURA 41.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	74
<i>FIGURA 42.</i> FICHA DE RECONOCIMIENTO MICROSCOPIA EN ELEMENTOS DE CONCRETO. ....	75
<i>FIGURA 43.</i> EXTRACCIÓN DE NÚCLEO PERPENDICULAR AL PLANO DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO. COLUMNA EN SÓTANO SECTOR.....	76
<i>FIGURA 44.</i> ESCÁNER PROFESIONAL HILTI.....	83
<i>FIGURA 45.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	87
<i>FIGURA 46.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	88
<i>FIGURA 47.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	89
<i>FIGURA 48.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	90
<i>FIGURA 49.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	91
<i>FIGURA 50.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	92
<i>FIGURA 51.</i> ENSAYO PARA DETERMINAR DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN. ....	93
<i>FIGURA 52.</i> A. FUERZA DE TENSIÓN APLICADA A UN ELEMENTO DE CONCRETO REFORZADO. ....	98
<i>FIGURA 53.</i> CONVENCIONES CONSOLIDADO DE ENSAYOS.....	100
<i>FIGURA 54.</i> CLASIFICACIÓN DE NIVEL DE DAÑO. ....	100
<i>FIGURA 55.</i> CONVENCIONES DE LESIONES PARA LOCALIZACIÓN DE DAÑOS. ....	110
<i>FIGURA 56.</i> CONVENCIONES PARA CAUSAS LOCALIZACIÓN DE DAÑOS.....	111
<i>FIGURA 57.</i> INSTRUCCIONES PARA LA LECTURA DE CONVENCIONES. ....	112
<i>FIGURA 58.</i> ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN DE DAÑO.....	113

### **Introducción e Información General**

El presente estudio se realiza, basado en la necesidad académica como estudiantes que propenden por la comprobación de los conocimientos adquiridos durante la formación académica de la especialidad en patología de la construcción. La cual refleja el interés en el estudio de las afectaciones que ocurren en los diferentes elementos estructurales, y no estructurales de muchas de las estructuras de uso cotidiano en nuestras vidas.

En el caso específico hemos querido enfocar este estudio particularmente a una estructura de uso diario, una placa de hormigón armado postensado, así como en sus elementos estructurales de soporte (cimentación y súper estructura) ubicados en un conjunto residencial del occidente de la ciudad.

Para el estudio, recolección de muestras, ensayos y análisis del presente estudio patológico, se pondrán en práctica la metodología emanada de la cátedra impartida por la **Universidad Santo Tomás**; la cual abarca de modo práctico el estudio del paciente con eficiencia y efectividad.

Adicionalmente a la información académica y al aprendizaje que se desprende de este documento, también cabe agregar que se genera un beneficio a una comunidad afectada por las irregularidades y afectaciones presentadas en la estructura objeto del estudio, que genera todo tipo de incomodidades y riesgo en su uso, puesto que, con la información brindada en este documento, la comunidad podrá optar por realizar las reparaciones y/o reclamaciones a la constructora pertinentes.

### **Objetivo General**

Realizar un estudio patológico de la estructura denominada **“Losa de parqueaderos en hormigón postensado y estructura de apoyo en el conjunto San Juan de Castilla”**, para determinar así el estado de la estructura, la calidad de los materiales de construcción y grado de deterioro de este si lo hubiere.

### **Objetivos Específicos**

Hacer una investigación documental de los antecedentes de la construcción, recolección de planos estructurales, bitácoras de obra, estudios de suelos y todo tipo de documentación que ayude a establecer en detalle el sistema constructivo y los diseños ejecutados por el constructor.

Auscultar por medios no destructivos los elementos estructurales y no estructurales del paciente (Placa de parqueaderos construida en Hormigón postensado).

Realizar ensayos de tipo destructivo a elementos particulares de la estructura del paciente que lo requiera.

### **Justificación**

Una de las causas principales para llevar a cabo el presente informe es de tipo social, puesto que al ser un conjunto residencial y específicamente una losa en hormigón; donde su uso principal es para el aparcamiento de vehículos de los residentes del conjunto, el impacto es muy alto. Al deteriorarse la estructura se presentan afectaciones a los vehículos. Las lesiones presentes tales como fisuras y grietas permiten el paso de aguas de escorrentía y disminución de las áreas de parqueo de la unidad habitacional.

La afectación de tipo económica que padecen los habitantes del conjunto residencial, también se considera de alto impacto. Al ser una estructura en hormigón postensado, las adecuaciones, reparaciones y/o rehabilitación son de alto costo ya que son trabajos especializados.

### **Alcance**

El estudio de patología de la Placa de parqueaderos del Conjunto Residencial San Juan de Castilla tiene el alcance de identificar los procesos patológicos presentes en la estructura, realizar una evaluación de la calidad de los materiales, hacer un diagnóstico, dar unas conclusiones y recomendaciones.

Lo anterior implica: una revisión documental, levantamiento del daño y la clasificación de las lesiones físicas, químicas, mecánicas y antropogénicas, la realización de estudios de materiales de las áreas afectadas en los elementos estructurales y no estructurales que integran la construcción. Esto para determinar el origen de las afectaciones que alteran el aspecto y la integridad de la estructura de la zona de parqueaderos, y proponer las medidas de intervención.

## **Metodología**

La presente patología se desarrolló basada en la metodología realizada por Diaz, P. (2014), la cual contempla las siguientes fases de desarrollo:

### **Fase 1 - Fase de Documentación (Historia Clínica)**

Se realiza una revisión de la información existente de la edificación en su etapa constructiva correspondiente al diseño de la obra, fuentes de información que permitieron contextualizar el proyecto constructivo y evaluar algunas causas de los procesos patológicos. De esta forma, se determinó la naturaleza y la cantidad de información que debe ser recopilada y analizada.

### **Fase 2 - Fase de Observación de Campo**

Permite el reconocimiento de la edificación, las condiciones del sitio y la constatación de la información recopilada en la etapa de documentación. Es así como se verifica que la construcción este conforme a la obra, se identifica el daño, desviaciones y deformaciones visibles, las cargas y factores medioambientales.

### **Fase 3 - Fase Toma de Datos**

Deduca el estado actual de conservación y mantenimiento de la edificación, con atención en daños y procesos patológicos existentes apoyados en el registro fotográfico. De esta forma, se realiza el levantamiento del daño que exigió la digitalización de planos de diseño, con base en el estudio de suelos, diseño estructural y planos arquitectónicos aprobados mediante licencia de construcción LC 07- 4- 0172. (2007). Posteriormente, se contrasta in situ los elementos que conforman la obra con los diseños estructurales y arquitectónicos originales para la verificación de la construcción conforme a la obra. Esta fase también contempla la realización de una serie de fichas de calificación del daño que determinaron el porcentaje de afectación según la tipología

del proceso patológico en lesiones físicas, químicas, mecánicas, organismos vivos y antropogénicas.

#### **Fase 4 - Fase Muestreo, Pruebas y Análisis**

Se realiza diferentes ensayos de materiales destructivos y no destructivos, esto con el objetivo de establecer las prácticas y procedimientos para evaluar el estado y propiedades de los materiales que conforman la edificación en las placas de contrapiso en el sótano, placa aérea de semisótano, muros estructurales en los apartamentos que presentan mayor afectación y muros de fachada.

Finalmente, se hace una evaluación para establecer el diagnóstico frente a las causas de los procesos patológicos que afectan la funcionalidad y el compromiso estructural de la edificación. Diagnóstico que permite plantear una serie de recomendaciones y medidas de intervención.

### Fase 1 - Fase de Documentación (Historia Clínica)

En la fase de documentación se ejecuta una revisión de la información existente de la edificación, identificación en su etapa constructiva correspondiente al diseño de la obra, fuentes de información que permiten contextualizar el proyecto constructivo y evaluar algunas causas de los procesos patológicos. De esta forma, se determina la naturaleza y la cantidad de información que debe ser recopilada y analizada.

#### Nombre del Proyecto

La edificación objeto de estudio tiene como denominación convencional “Conjunto Residencial San Juan de Castilla”.

#### Localización Geográfica



Figura 1. Mapa Localización Conjunto Residencial San Juan de Castilla.

La agrupación en estudio está localizada en la **Calle 7 No 87 B - 90** en la ciudad de Bogotá D.C. que corresponde a la UPZ 79 Calandaima, localidad de Kennedy de la ciudad de

Bogotá D.C. como se aprecia a continuación en las imágenes satelitales.



Figura 2. Mapa Panorámica General del Proyecto San Juan de Castilla.



Figura 3. Mapa Zonas de Amenaza.

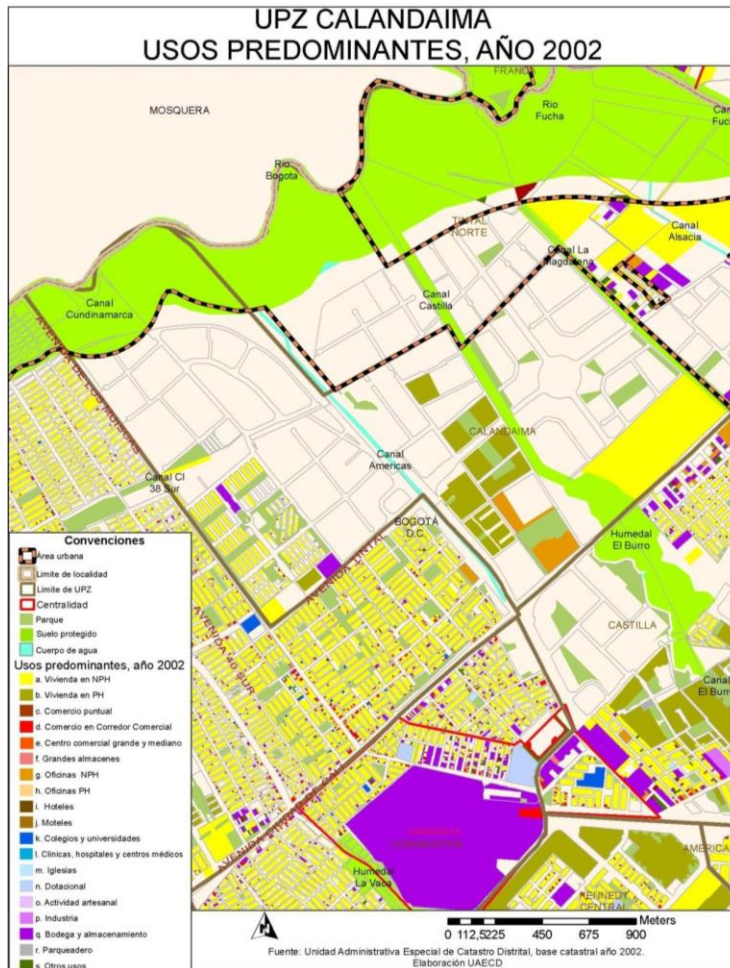


Figura 4. Mapa Upz 79 Calandaima.

## Antecedentes del Proyecto

La fase documental proporciona información necesaria para indagar sobre los usos de la edificación, los diseñadores y especificadores del proyecto, así como también la información obtenida de la interacción entre la edificación y su medio ambiente. Sin embargo, la recopilación de información proporcionada por el Sr. John Jairo Rojas, representante legal del Conjunto Residencial San Juan de Castilla; se encuentra encarnada en la licencia de construcción No LC 07-4-0172, en la cual existen los siguientes documentos: estudio de suelos realizado por la firma ÁREAS LTDA., diseño estructural del Ing. Francisco de Valdenegro Bueno, diseño

arquitectónico del Arq. Jaime Salazar Gómez que incluye plantas, cortes y fachadas.

Es así como la documentación complementada con la inspección visual permitió constatar que el estudio de caso da cuenta del propósito contemplado en la licencia de construcción Lc 07-4-0172 otorgada para un tipo de uso multifamiliar en sótano, 6 pisos para 336 apartamentos con 201 parqueos. Esta edificación fue construida en el año 2009 aproximadamente, y cumple con la normatividad exigida para reglamentar la construcción de la época. Actualmente, la clasificación del inmueble corresponde a una estratificación socioeconómica dos de estrato bajo.

Del área total de la edificación se toma en cuenta el área presente en las placas de la zona del sótano, parqueaderos para realizar la intervención en el estudio patológico de la edificación. De acuerdo con lo indicado en la tabla 1.

Tabla 1

*Distribución Constructiva*

Cuadro De Áreas	
Área Lote	9822,83 m <sup>2</sup>
Área Sótano	2262,94 m <sup>2</sup>
Área Primer Piso	4012,30 m <sup>2</sup>
Área Total Construida	26540,97 m <sup>2</sup>

### **Descripción del Sistema Constructivo**

**Tipo de Cimentación.** Con base en el estudio de suelos realizado en el año 2006 por la firma ÁREAS LTDA se identificó que la recomendación inicial del sistema de cimentación debía estar conformada por la adecuación del terreno de cimentación, con el propósito de obtener una superficie homogénea con las consideraciones de la tabla 2.

Tabla 2

*Espesores de Relleno para Terraplén*

<u>Descripción*</u>	<u>Especificación</u>	<u>Espesor</u>
Recebo	B-200	0,55
Arcilla inerte		0,40
Recebo	B-200	0,15
Arcilla inerte		0,40
Recebo	B-200	0,15
Rajón	d<8”	0,20
Total, Estructura		1,85 m

*Nota. \*De arriba hacia abajo.*

Para la verificación de las recomendaciones realizadas en el estudio de suelos por la firma ÁREAS LTDA., el Ingeniero José Rojas realizó cinco sondeos con el fin de verificar la conformación de los rellenos de acuerdo con la investigación de campo. La adecuación del terreno para la cimentación no se cumplió acorde con tabla 2, en cambio sí se encontraron capas de relleno heterogéneo, residuos de construcción y escombros, a esto se le suma que hay una compactación deficiente ya que los residuos de construcción no se prestan para garantizar resultados de Proctor.

El tipo de cimentación recomendado por la firma ÁREAS LTDA., para la zona de sótano es sobre marcos de vigas con zapatas individuales ubicadas en los puntos de intersección, la carga admisible para estos cimientos será de 10 Ton/m<sup>2</sup>.

Se debe garantizar el bombeo de las aguas freáticas remanentes mediante drenajes y pozo eyector, porque aún se encuentra en el suelo el agua de la reciente inundación.

El muro de contención estará sostenido por la placa de cubierta de la estructura de sótano.

**Sistema Estructural.** El sistema estructural está conformado por placa maciza postensada con capiteles, apoyada sobre columnas y muros con disipación moderada de energía (DMO) y placas aéreas como diafragma rígido, con cimentación en zapatas y vigas de amarre acorde con el estudio de suelos.

Las especificaciones técnicas para el proyecto de acuerdo con la memoria de cálculo son las siguientes:

Norma aplicada al momento del diseño: NSR-98

Columnas

Vigas y placas: 21 Mpa (210 Kg/cm<sup>2</sup>) (3000 psi)

$E_c = 181540 \text{ Kg/cm}^2$

Acero: Para Ø ¼"  $F_y =$

2400 Kg/cm<sup>2</sup> (60.000 psi). 3/8

“a 1”  $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

(60.000 psi)

Malla electrosoldada: 500 Mpa (5000 kg/cm<sup>2</sup>).

### **Identificación Urbanística del Paciente**

El Proyecto contempla la construcción de una agrupación compuesta por (15) edificios de seis pisos de altura, de cuatro apartamentos por piso, es decir 336 apartamentos, con un área construida de 9822.83 m<sup>2</sup> y una zona de estacionamiento que cuenta con 201 parqueaderos, se indica su conformación en las figuras 5 y 6.

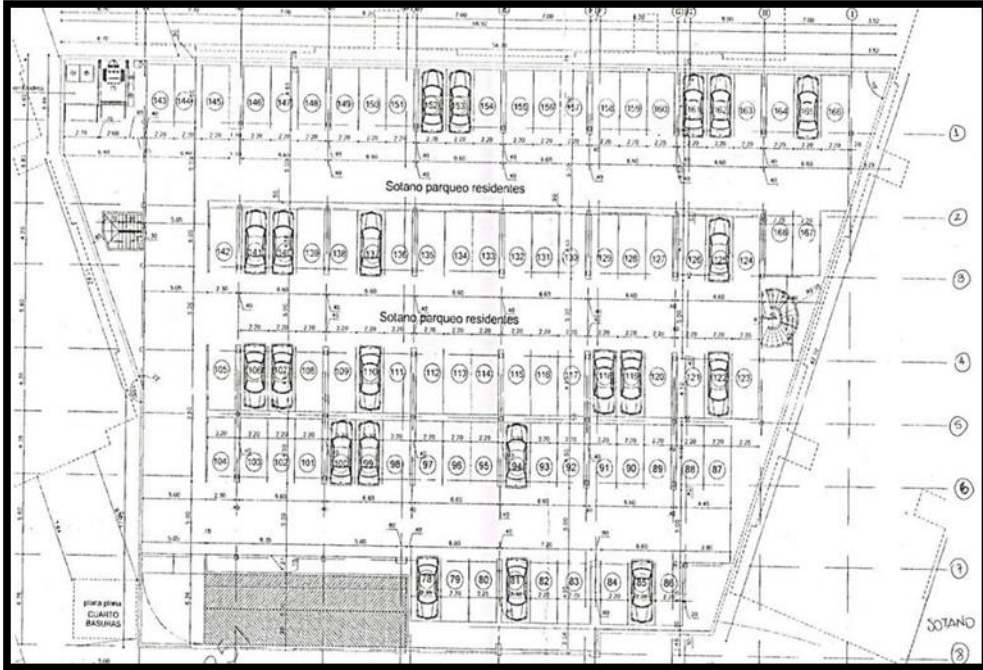


Figura 5. Planta Arquitectónica Sótano.

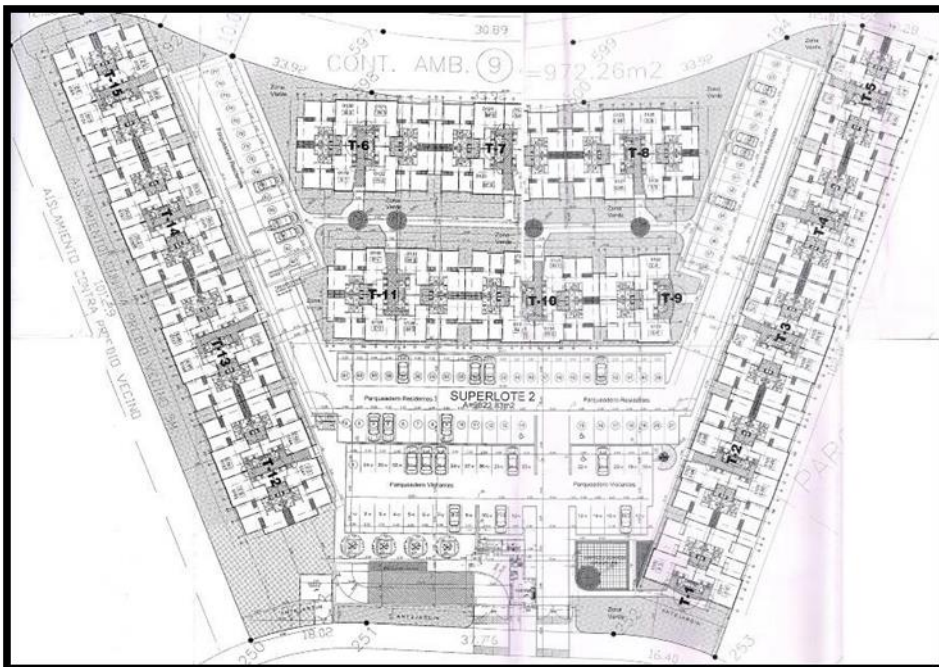


Figura 6. Planta Arquitectónica Primer Piso, Zona de Parqueaderos (Cubierta Sótano) y Torres.

La revisión de los diseños estructurales presenta un proyecto que contiene las especificaciones acordes a la norma vigente de la época. Esta revisión exigió la digitalización de planos de diseño, con base en el estudio de suelos, diseño estructural y planos arquitectónicos (ver figuras 5 y 6).

### **Fase 2 - Fase de Observación de Campo**

Las diferentes visitas técnicas permitieron a través de la auscultación, apoyada con los planos de diseño para los sectores de análisis, y el apoyo de formatos de registro fotográfico, el factible levantamiento gráfico del daño y el análisis de datos.

El inventario de daños realizado requirió de la detección de las lesiones, la identificación de lesiones y clasificar o independizar las lesiones en función del carácter y la tipología del proceso patológico como se indica en la tabla 3. (Monjo, J. & Maldonado, L. 2001).

Sistematización que permite determinar el grado de compromiso de la estructura.

Tabla 3

*Tipología de Lesiones*


---

Tipos de Lesiones	
A. Físicas	A.1 Humedad A.2 Filtraciones A.3 Suciedad A.4 Erosión A.5 Manchas / Rayado A.6 Vibración
B. Mecánicas	B.1 Deformaciones B.2 Grietas B.3 Fisuras B.4 Roturas B.5 Desprendimientos B.6 Desplomes B.7 Desniveles B.8 Alabeos B.9 Faltantes B.10 Tapiado B.11 Colapsado B.12 Dilatado B.13 Quemado
C. Químicas	C.1 Eflorescencias C.2 Oxidaciones C.3 Exfoliación
D. Organismos Vivos	D.1 Insectos Xilófagos D.2 Mohos y hongos D.3 Plantas superficiales D.4 Animales – palomas
E. Antropogénicos	E.1 Alteración volumétrica E.2 Alteración Espacial E.3 Carencia de Mantenimiento E.4 Diseño Inadecuado

---

**Nivel Freático**

El estudio de Suelos de la firma ÁREAS LTDA (septiembre de 2006, P.21), registra localización del nivel freático en la mayoría de los barrenos entre 0,70m y 3,10 m, “circunstancia que impide la posibilidad de una expansión considerando que los suelos están cerca de la saturación y no tendrán en la práctica avidez por su saturación”.

Aparece el terreno natural, compuesto de limo orgánico negro afectado por esfagnos,

seguidamente aflora el nivel freático con tendencia a subir, el cual en promedio se encuentra a -2.67 m.

En el estudio realizado en campo se encontraron aguas laminares a las profundidades investigadas, a 2,50m-S1, 2,70m-S2, 3,65m-S3 (generado por abatimiento), 2,70m-S4, 2,80m-S5, 2,65m-S6. Se aprecia índice de flujo laminar desordenado, provocado por las aguas de escorrentía de aparición discontinua, a través de las capas de relleno heterogéneo. Este porcentaje de saturación es bastante bajo en épocas de sequía, pero aumenta en temporada de lluvias, por lo que está expuesto a las condiciones climáticas, se considera como agua laminar intersticial, pero si tiene incidencia en el asentamiento.

### **Cargas y Medio Ambiente**

**Humedad Relativa.** De acuerdo con la ubicación del proyecto, la zona de estudio presenta una humedad relativa del 54%.

**Temperatura.** La ciudad de Bogotá presenta un rango amplio de temperatura, con temperaturas desde los 10°C hasta los 27°C en promedio. En la edificación se registra temperatura ambiente de 15°C y 19.7°C en la zona del sótano y en el interior de los apartamentos de 20°C, de acuerdo con los registros de termografía.

Para la verificación de humedades en área de sótano de parqueos y fachadas de las torres se realizaron tomas de imágenes Termográficas con cámara de última generación en los alrededores y/o zonas del conjunto y/o apartamentos que se han reportado a la administración, ante la presencia de un alto nivel humedad y filtraciones, para detectar la posible ruta o recorrido de la humedad y determinar los posibles puntos de filtración, a continuación, se relacionan las imágenes térmicas.

**Presión.** Las condiciones de presión se relacionan con la altura sobre el nivel del mar,

(msnm), en Bogotá registra un valor de 560 mm Hg (0,73 atm).

### **Metodología para la Interpretación de la Imagen Térmica**

Con el fin de una mayor comprensión de la imagen térmica, al lado derecho de la imagen, se encuentra una escala de temperaturas que relaciona cada color con un nivel de temperatura; así en la parte inferior de la paleta, se encuentran los colores negro y morado, que corresponden a la menor temperatura de la escala (lo más frío), y en la parte superior de la escala, se encuentran los colores rojo y blanco, los cuales corresponden a las zonas con mayor temperatura (lo más caliente). De acuerdo con la información registrada y las distribuciones térmicas capturadas se obtuvo los resultados mostrados en las figuras de la 7 a la 13.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	001

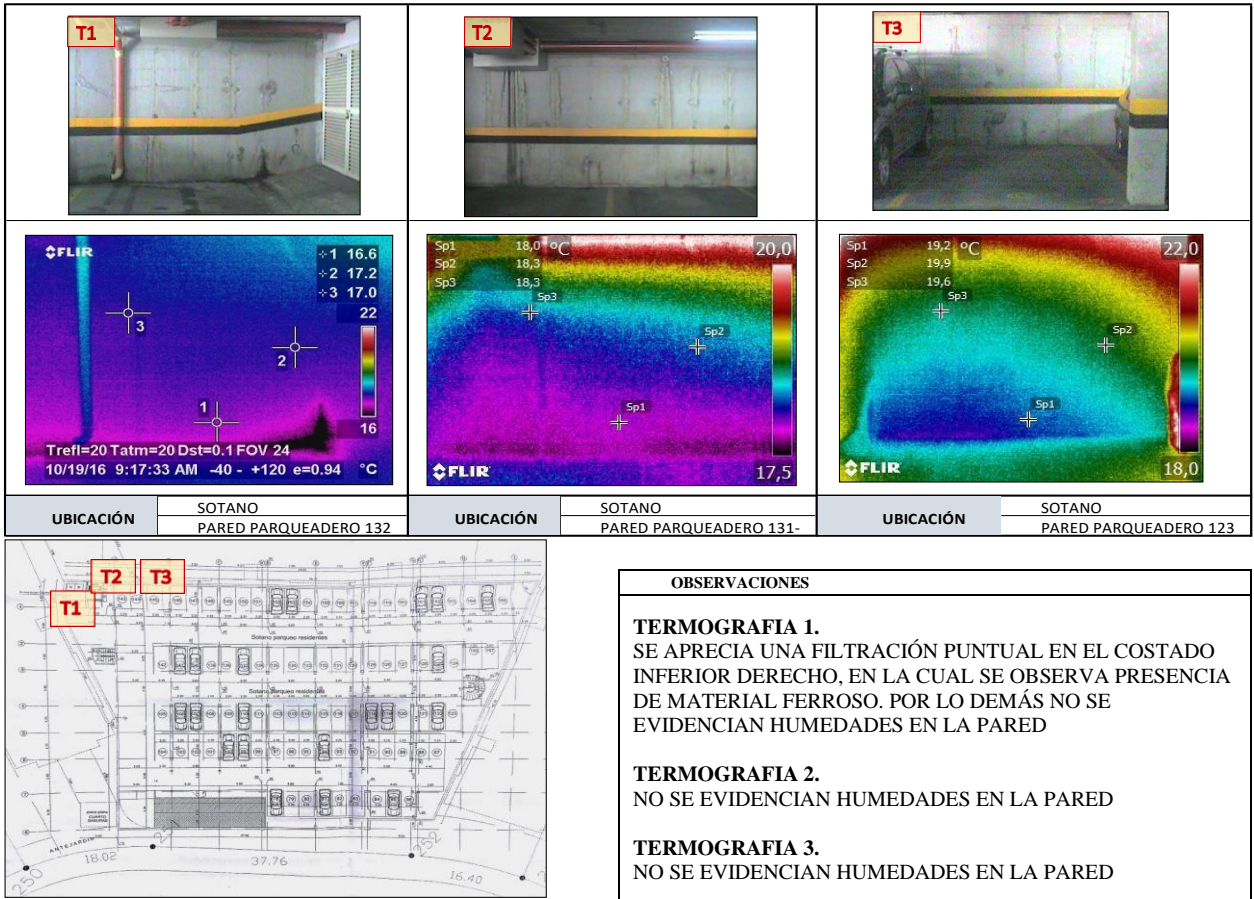



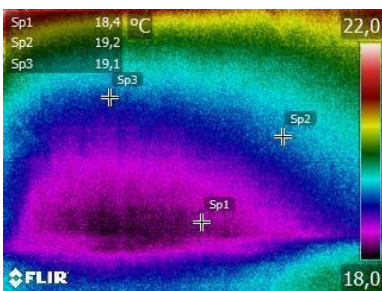
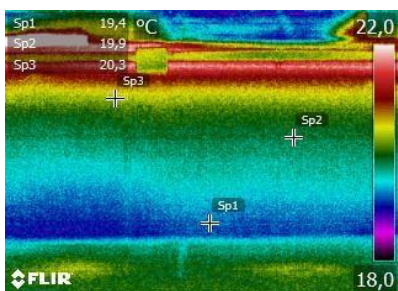
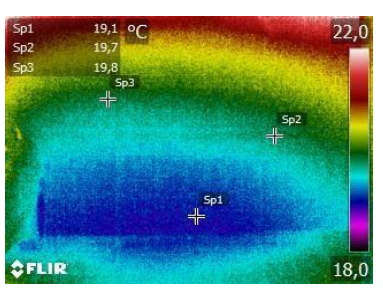
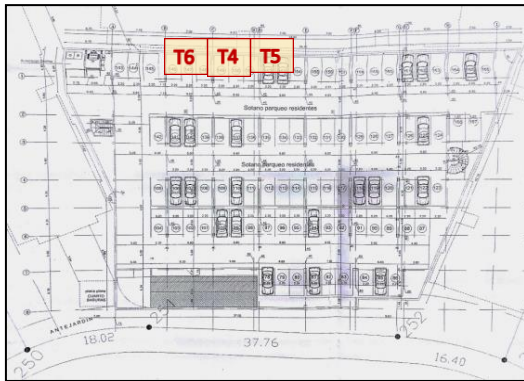


Figura 7. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	002

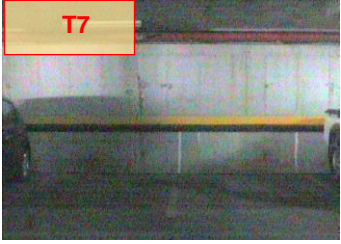


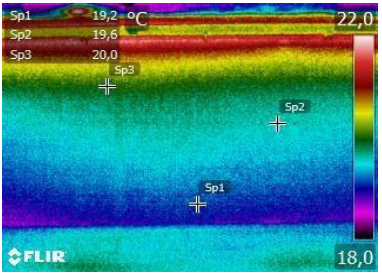
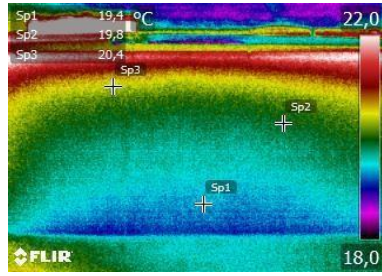
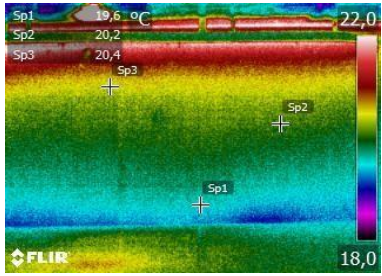
					
					
<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO PARED PARQUEADERO 124	<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO PARED PARQUEADERO 121-120	<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO PARED PARQUEADERO 126

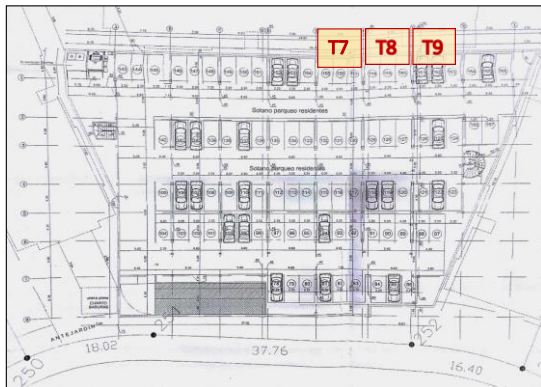


OBSERVACIONES
<b>TERMOGRAFIA 4.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN LA PARED
<b>TERMOGRAFIA 5.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN LA PARED
<b>TERMOGRAFIA 6.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN LA PARED

Figura 8. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	003




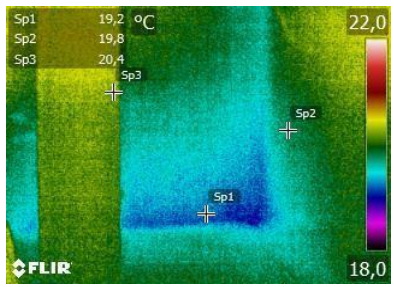
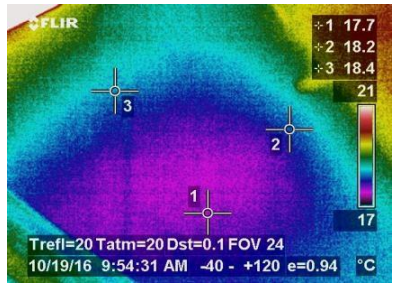
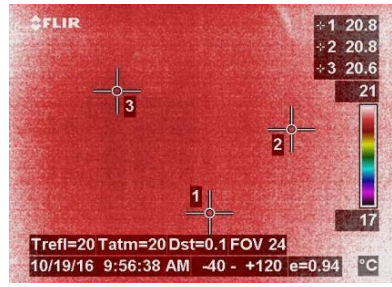
					
					
UBICACIÓN	SOTANO PARED PARQUEADERO 118-117	UBICACIÓN	SOTANO PARED PARQUEADERO 115-114	UBICACIÓN	SOTANO PARED PARQUEADERO 112-111

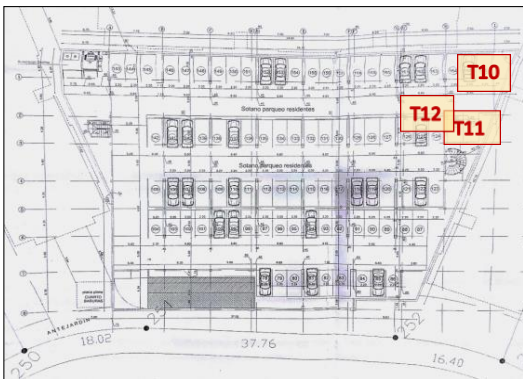


OBSERVACIONES
<b>TERMOGRAFIA 7.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN LA PARED.
<b>TERMOGRAFIA 8.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN LA PARED.
<b>TERMOGRAFIA 9.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN LA PARED.

Figura 9. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	004


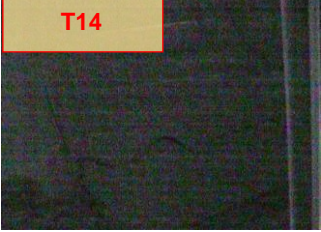

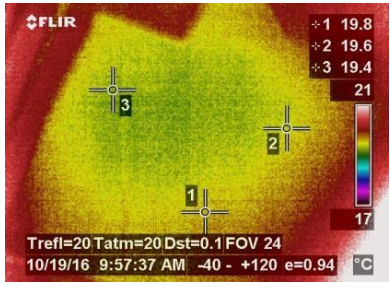
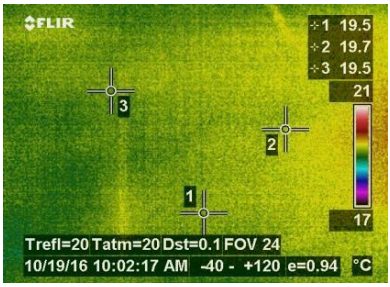
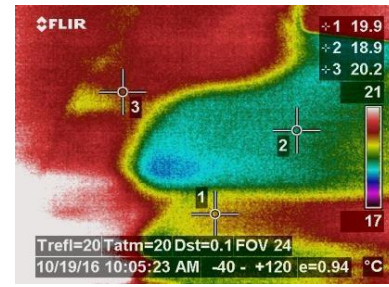
					
					
UBICACIÓN	SOTANO PARED PARQUEADERO MOTOS 11 - 13	UBICACIÓN	SOTANO TECHO ENTRE PARQUEADEROS 106 - 107	UBICACIÓN	SOTANO PARED PARQUEADERO 107



OBSERVACIONES
<b>TERMOGRAFIA 10.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN LA PARED.
<b>TERMOGRAFIA 11.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN EL TECHO.
<b>TERMOGRAFIA 12.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN LA PARED.

Figura 10. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

<b>"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"</b>	<b>Elaboró</b>	<b>Fecha</b>	<b>Ficha</b>
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	005

					
					
<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO TECHO ENTRE PARQUEADERO MOTOS 106-107	<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO TECHO PARQUEADERO 113	<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO TECHO PARQUEADERO 114

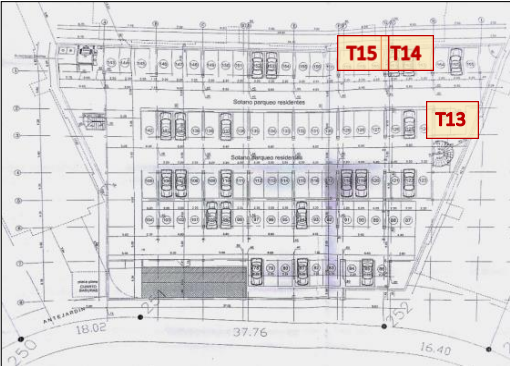



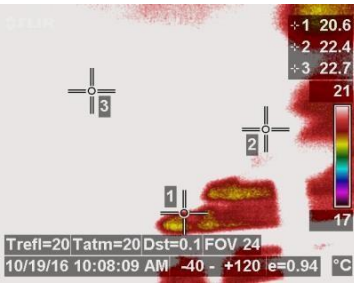
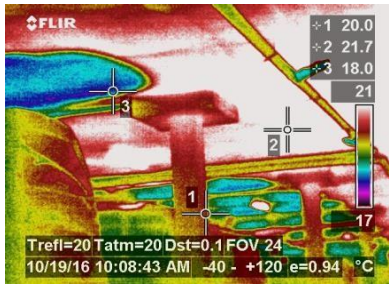
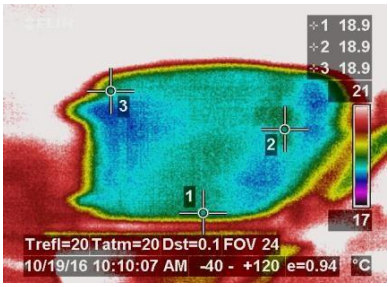
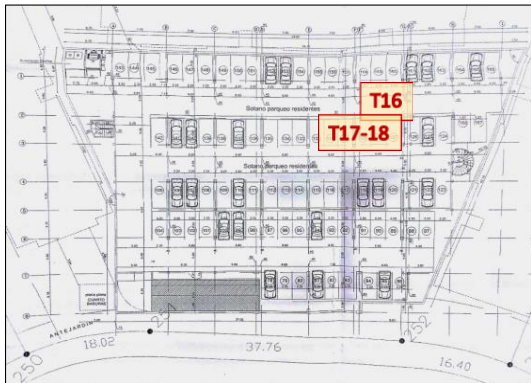
	<b>OBSERVACIONES</b>
	<p><b>TERMOGRAFIA 13.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN EL TECHO.</p>
	<p><b>TERMOGRAFIA 14.</b> NO SE EVIDENCIA HUMEDADES EN EL TECHO.</p>
	<p><b>TERMOGRAFIA 15.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR.</p>

Figura 11. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	006



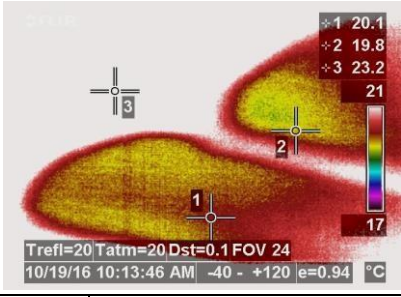
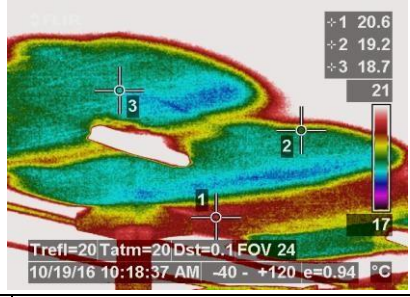
					
					
UBICACIÓN	SOTANO TECHO ENTRE PARQUEADERO 114 - 149	UBICACIÓN	SOTANO TECHO PARQUEADERO 147 EN DIAGONAL	UBICACIÓN	SOTANO TECHO ARRIBA PARQUEADERO 147

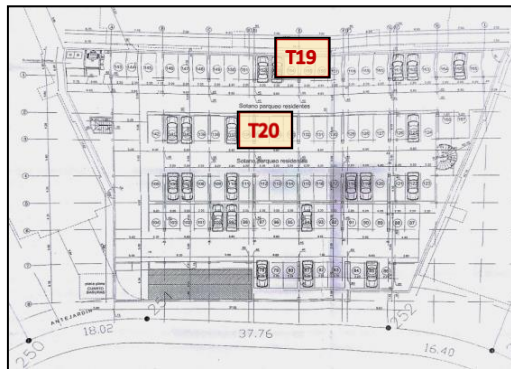


OBSERVACIONES
<p><b>TERMOGRAFIA 16.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR.</p> <p><b>TERMOGRAFIA 17.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR</p> <p><b>TERMOGRAFIA 18.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR.</p>

Figura 12. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.

"Estudios técnicos y proyecto Conjunto San Juan de Castilla"	Elaboró	Fecha	Ficha
Fichas de reconocimiento y evaluación de ensayo de laboratorio termografía	Juan Barragán	9/12/2016	007

			
			
UBICACIÓN	SOTANO TECHO PARQUEADEROS 118 y 119	UBICACIÓN	SOTANO TECHO ARRIBA PARQUEADEROS 141 y 142



OBSERVACIONES
<p><b>TERMOGRAFIA 19.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR.</p> <p><b>TERMOGRAFIA 20.</b> NO SE EVIDENCIAN HUMEDADES EN EL TECHO. LAS DIFERENCIAS EN LAS DISTRIBUCIONES DE TEMPERATURA, ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON LA EXPOSICIÓN Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL CALENTAMIENTO SOLAR.</p>


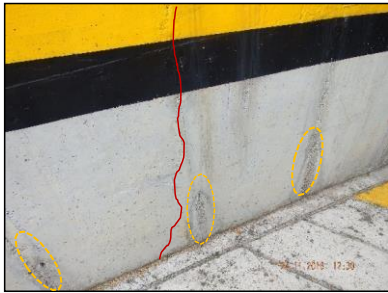

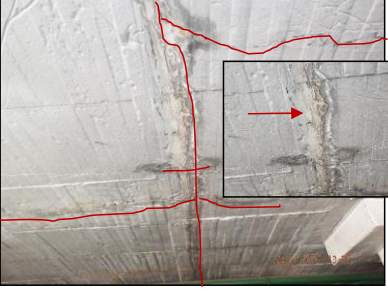
Figura 13. Cuadro de Inspección Termográfica. Resultado Camara Termografica.



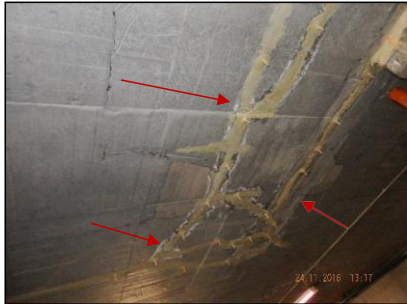

### **Fase 3 - Fase Toma de Datos**





La fase Toma de datos deduce el estado actual de conservación y mantenimiento de la edificación, con atención en daños y procesos patológicos existentes apoyados en el registro fotográfico. Esta fase contempla la realización de una serie de fichas de calificación del daño que determinaron el porcentaje de afectación según la tipología del proceso patológico.

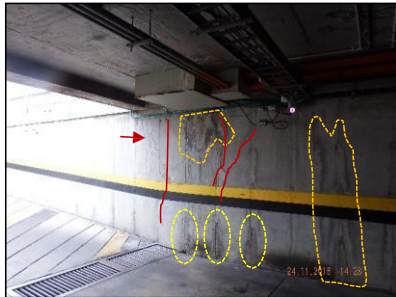



#### **Recuento Fotográfico**

A continuación, se presentan algunas de las fichas de localización de daño realizadas para sótano del conjunto San Juan de Castilla, ya en los anexos se relacionarán el total de dichas fichas.

FORMATO DE REGISTRO									
	<table border="1" style="float: right; margin-right: 10px;"> <tr> <td style="text-align: center;">N°</td> <td style="text-align: center; width: 50px;">SÓTANO</td> </tr> </table>	N°	SÓTANO						
N°	SÓTANO								
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	CONJUNTO RESIDENCIAL SAN JUAN DE								
<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 7 D N								
<b>FECHA</b>	25 DE NOVIEMBRE      H      Mariana								
REGISTRO FOTOGRÁFICO									
									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Foto</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LOCALIZACIÓN</td> <td>Placa superior de sótano sobre el eje 7</td> </tr> </table>	Foto		LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano sobre el eje 7	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Foto</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LOCALIZACIÓN</td> <td>Placa superior de sótano sobre el eje A</td> </tr> </table>	Foto		LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano sobre el eje A
Foto									
LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano sobre el eje 7								
Foto									
LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano sobre el eje A								
<p><b>Descripción:</b> Se visualiza manchas en sentido horizontal, fisuras verticales, aleatorias y horizontales.</p>	<p><b>Descripción:</b> Se evidencia fisura vertical, desintegración y manchas en muro de rampa al costado occidental.</p>								
									
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Foto</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LOCALIZACIÓN</td> <td>Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)</td> </tr> </table>	Foto		LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center;">Foto</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LOCALIZACIÓN</td> <td>Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)</td> </tr> </table>	Foto		LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)
Foto									
LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)								
Foto									
LOCALIZACIÓN	Placa superior de sótano ejes (B-C) (2-6)								
<p><b>Descripción:</b> Se visualiza fisura N.1 en costado sur occidental de placa, en dirección sur-norte. tiene una extensión aprox. De 15 m de longitud, además se presenta a lo largo de esta ramificación, manchas y exceso de humedad.</p>	<p><b>Descripción:</b> Se observa proyección de fisura N.1 en costado occidental de placa en una zona media del parqueadero.</p>								
<p style="font-family: cursive;">Juan David Borroján</p> <p style="text-align: center;">FLAB</p>	<p style="font-family: cursive;">Fabiano S.F.</p> <p style="text-align: center;">APR</p>								

FORMATO DE REGISTRO	
	N° <b>SÓTANO</b>
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	CONJUNTO RESIDENCIAL SAN JUAN DE
<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 7 D N
<b>FECHA</b>	25 DE NOVIEMBRE DE                      H                      Mañana
REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	
<b>Foto N°</b>	<b>Foto N°</b>
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
Placa superior de sótano ejes (E-G) (6-8)	Placa superior de sótano ejes (E-G) (6-8)
<p><b>Descripción:</b> Se observa fisura N5. se encuentra en la zona sur-oriental del parqueadero, con dirección occidente-oriente, primer pasillo. En su parte oriental presenta ramificación, la cual se puede evidenciar en la foto N3. esta presenta una longitud aprox. De 8.2 m.</p>	<p><b>Descripción:</b> Se evidencia fisura N5. con una intersección por otra fisura en su parte media, se evidencia manchas y humedad.</p>
	
<b>Foto N°</b>	<b>Foto N°</b>
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
Placa superior de sótano ejes (E-G) (6-8)	Placa superior de sótano ejes (E-H) (6-7)
<p><b>Descripción:</b> Se visualiza ramificación de fisura N5. se evidencia un tipo de reparación con anclajes metálicos.</p>	<p><b>Descripción:</b> Se observa fisura N6. esta adquiere una longitud aprox. 15.9 m, se encuentra ubicada en la zona sur-oriental del parqueadero, primer pasillo, con dirección occidente- oriente, paralela a la fisura N5.</p>
<i>Juan David Borrogin</i>	<i>Juan David Borrogin</i>
<b>ELAB</b>	<b>APR</b>

FORMATO DE REGISTRO	
	N° <b>SÓTANO</b>
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	CONJUNTO RESIDENCIAL SAN JUAN DE
<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 7 D N
<b>FECHA</b>	25 DE NOVIEMBRE H <span style="float: right;">Mariana</span>
REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	
Foto N°	Foto N°
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
Placa superior de sótano ejes (H-I) (1-2)	Placa superior de sótano ejes (H-I) (1-2)
<b>Descripción:</b> Se observa proyección de la fisura N16. hay evidencia de reparación, además de manchas, a lo largo de	<b>Descripción:</b> Se observa la fisura N17. con ramificación en varios sentidos, se evidencia además que se le ha hecho algún tipo de reparación, hay secciones con manchas.
	
Foto N°	Foto N°
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>LOCALIZACIÓN</b>
Placa superior de sótano ejes (A-B) (1-2)	Placa superior de sótano ejes (A-B) (1-2)
<b>Descripción:</b> Se observa fisura N18. en el costado norte-occidente, aunque es una fisura ramificada tiende a proyectarse de Norte a sur, s evidencia cierto tipo de reparación, además se evidencia manchas a lo largo de las fisuras.	<b>Descripción:</b> Se observa proyección de la fisura N18. con ramificación en sentido transversal.
<i>Juan David Borroján</i>	<i>Juan David Borroján</i>
<b>ELAB</b>	<b>APR</b>

FORMATO DE REGISTRO	
	N° <b>SÓTANO</b>
<b>NOMBRE DEL PROYECTO</b>	CONJUNTO RESIDENCIAL SAN JUAN DE
<b>DIRECCIÓN</b>	CALLE 7 D N
<b>FECHA</b>	25 DE NOVIEMBRE      H      Mañana
REGISTRO FOTOGRÁFICO	
	
Foto N°	Foto N°
LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN
Muro occidental entrada a sótano.	Muro occidental entrada a sótano
<p><b>Descripción:</b> Se observa fisuras verticales y diagonales en muro, además de manchas, exceso de humedad, y desintegración en la en la parte inferior de las dilataciones.</p>	<p><b>Descripción:</b> Se visualiza manchas y exceso de humedad además se visualizan las fisuras mostradas en la foto N1.</p>
	
Foto N°	Foto N°
LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN
Placa superior de sótano ejes 7 (C-D)	Placa superior de sótano ejes D-7
<p><b>Descripción:</b> Se observa desintegración bajo viga sobre el parqueadero de motos que se encuentra bajo la rampa de acceso-</p>	<p><b>Descripción:</b> Se observa la manchas y exceso de humedad en el costado sur del parqueadero.</p>
<p style="font-family: cursive;">Juan David Borroján</p>	<p style="font-family: cursive;">Fabiano S.F.</p>
ELAB	APR

**Fichas de Calificación**

Realizada la inspección visual y el levantamiento del daño, se utilizan las fichas de calificación de daño, basadas en la metodología realizada por Diaz, P. (2014), Lo que nos permite determinar el porcentaje de daño presente en la edificación según su tipología, teniendo encuenta la afectación en los elementos estructurales, como en los elementos no estructurales o arquitectónicos, ver a continuación la figura 14.



**Resultados de Calificación Según el Grado de Afectación por Tipología de Lesión por Elementos del Paciente**

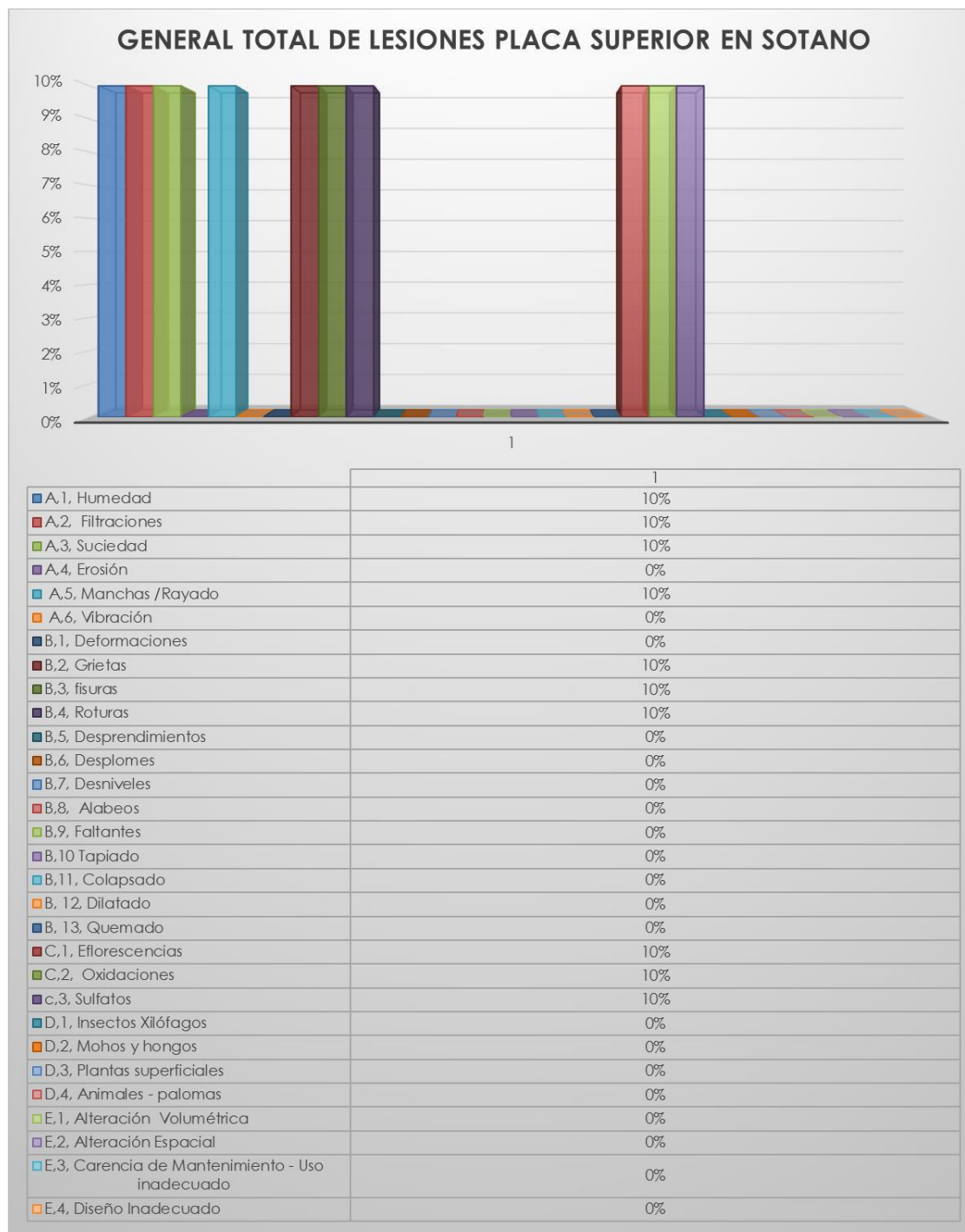


Figura 15. Lesiones en Placa Superior Sótano. Consolidado de la Información.

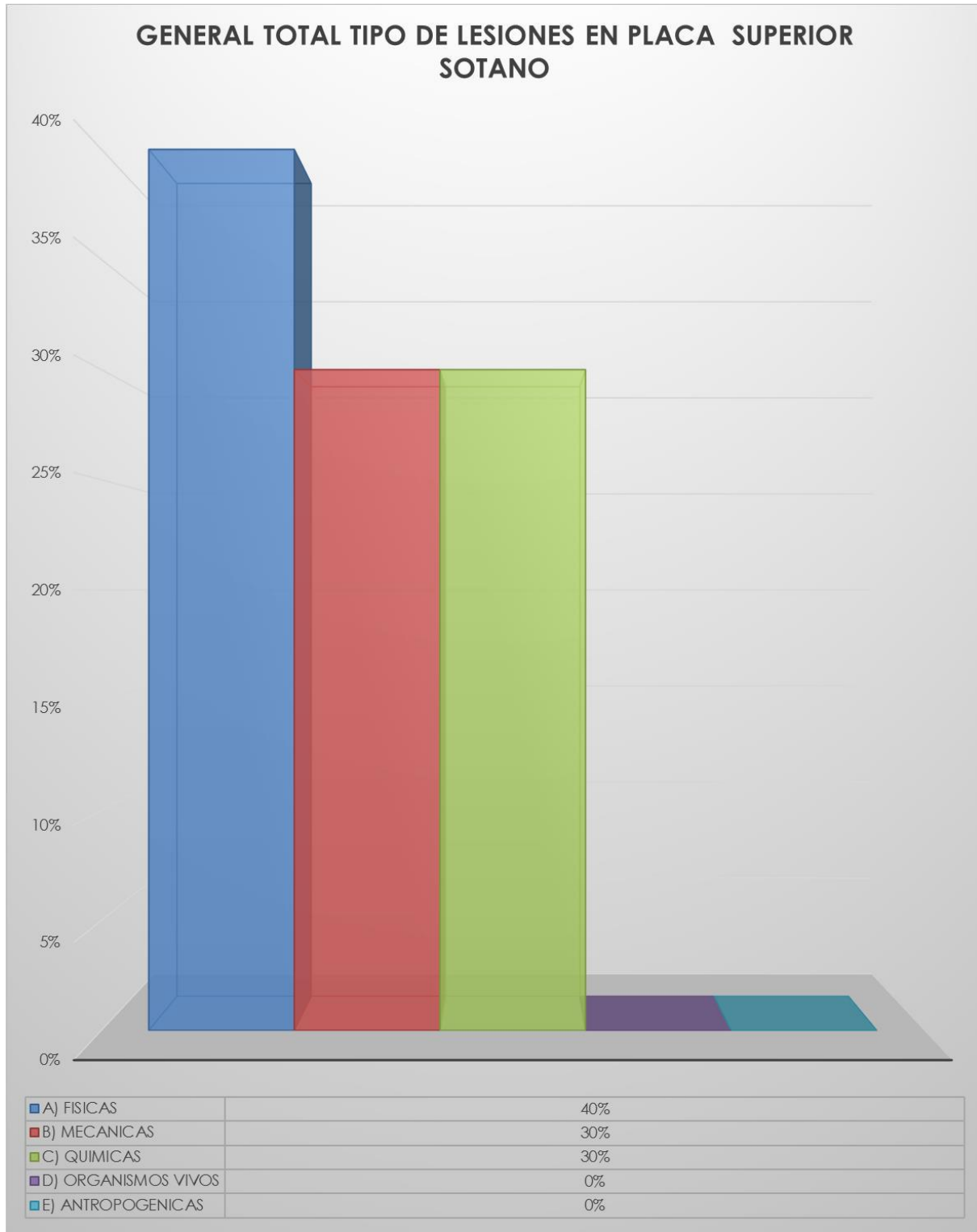


Figura 16. Tipo de Lesiones en Placa Superior en Sótano. Consolidado de la Información.

## Lesiones en General Estructura

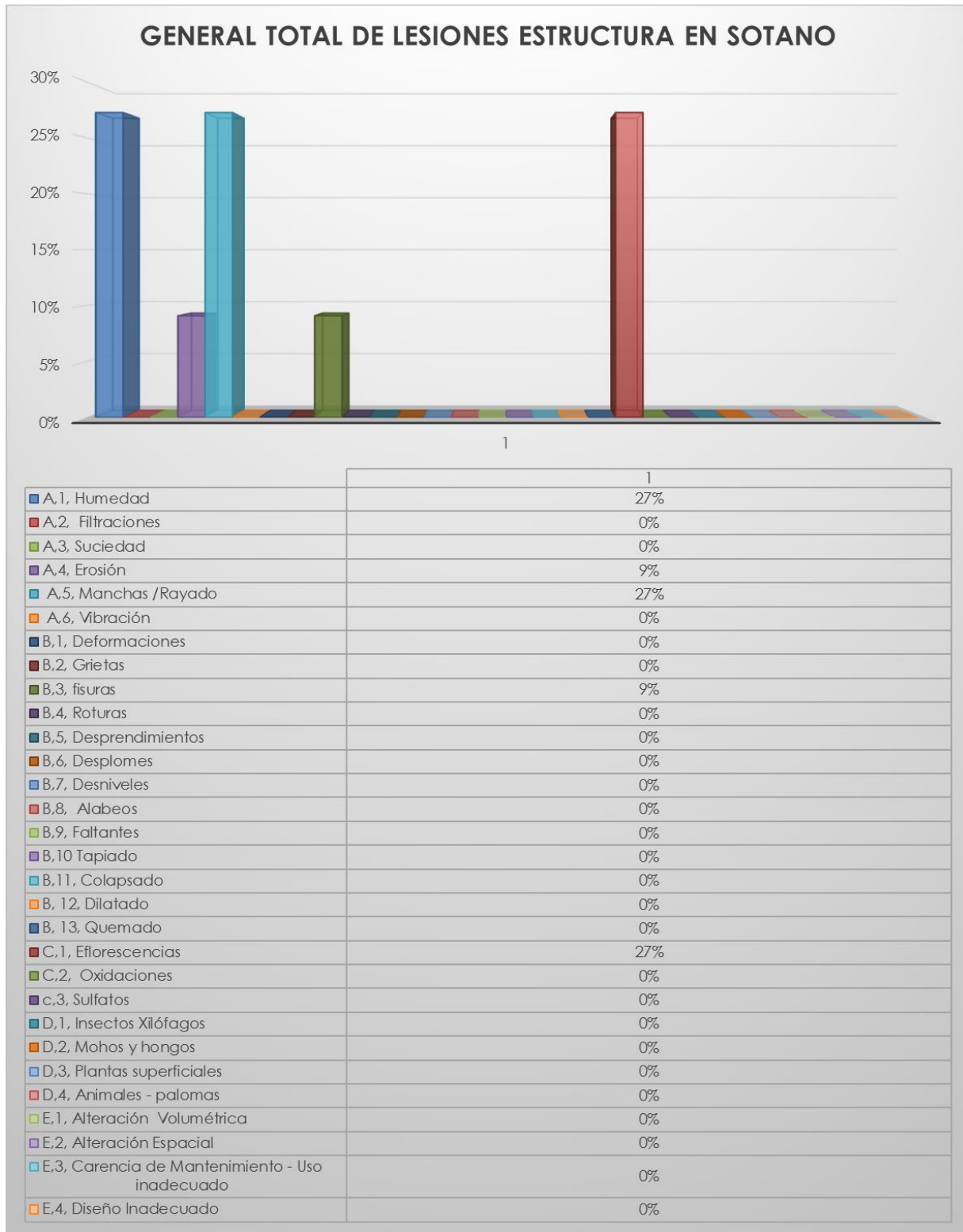


Figura 17. Lesiones en Estructura del Sótano. Consolidado de la Información.

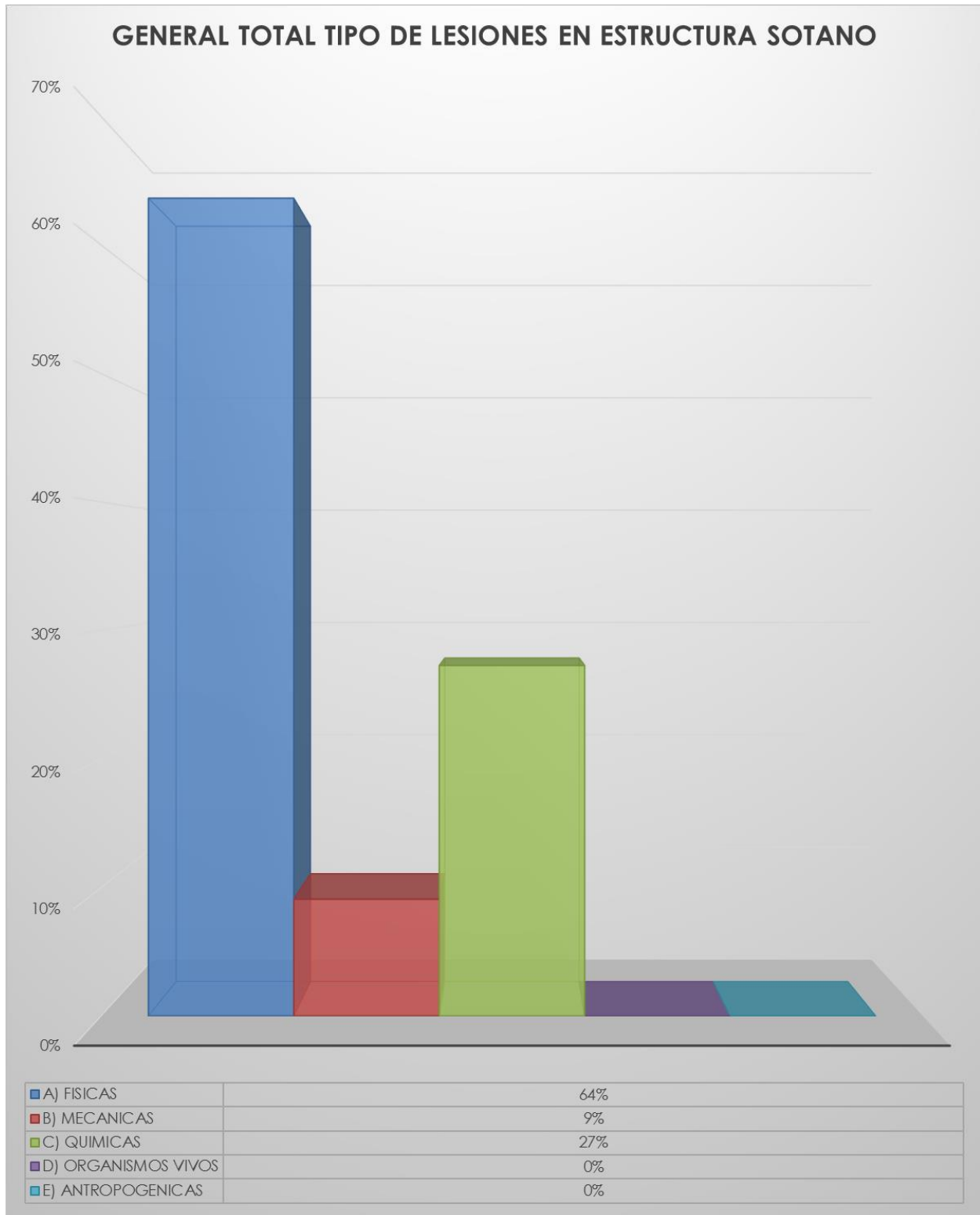


Figura 18. Tipo de Lesiones en Estructura del Sótano. Consolidado de la Información.

**Resultados de Calificación según el Grado de Afectación en General Sótano**

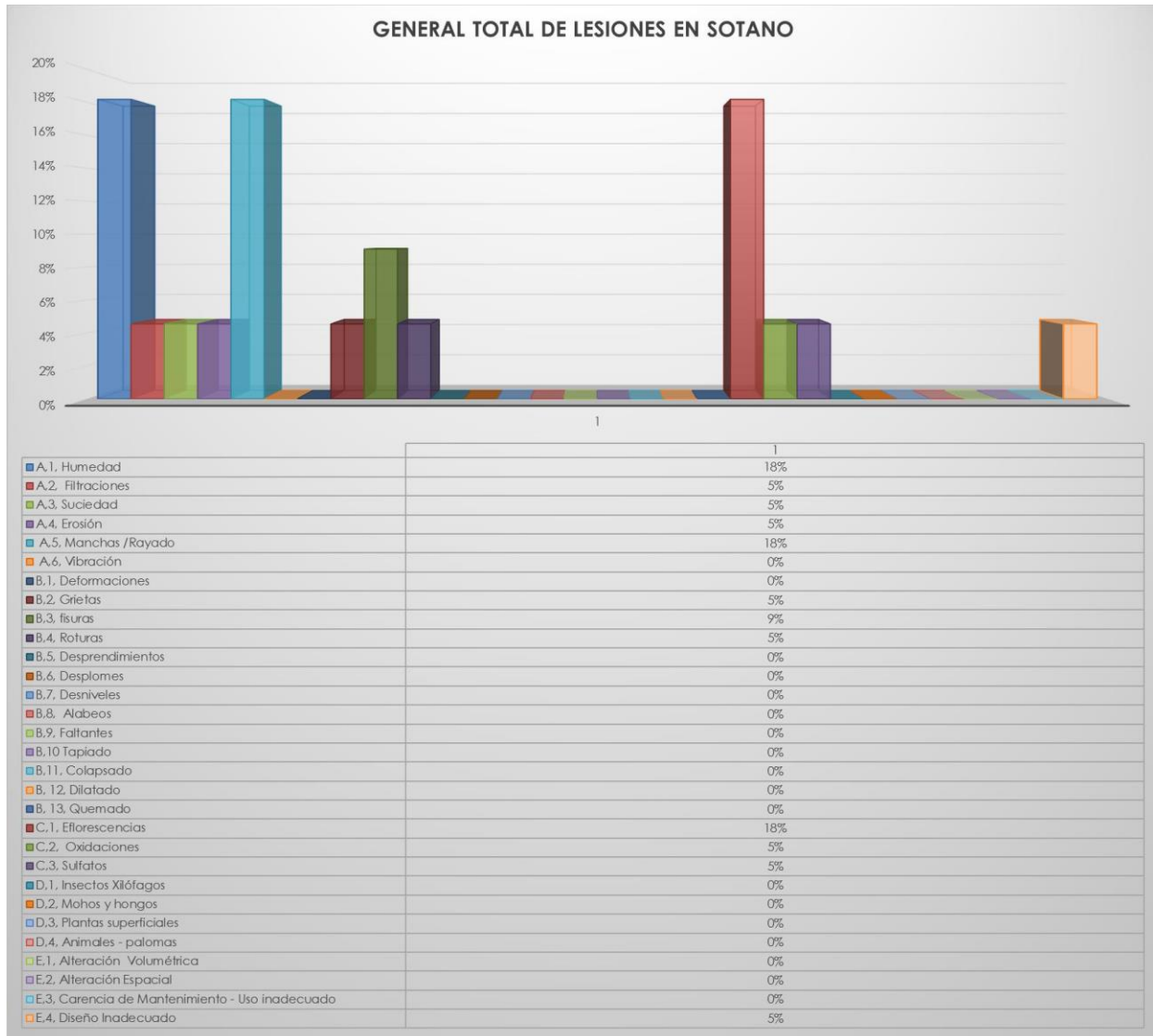


Figura 19.Total, de Lesiones en Sótano. Consolidado de la Información.

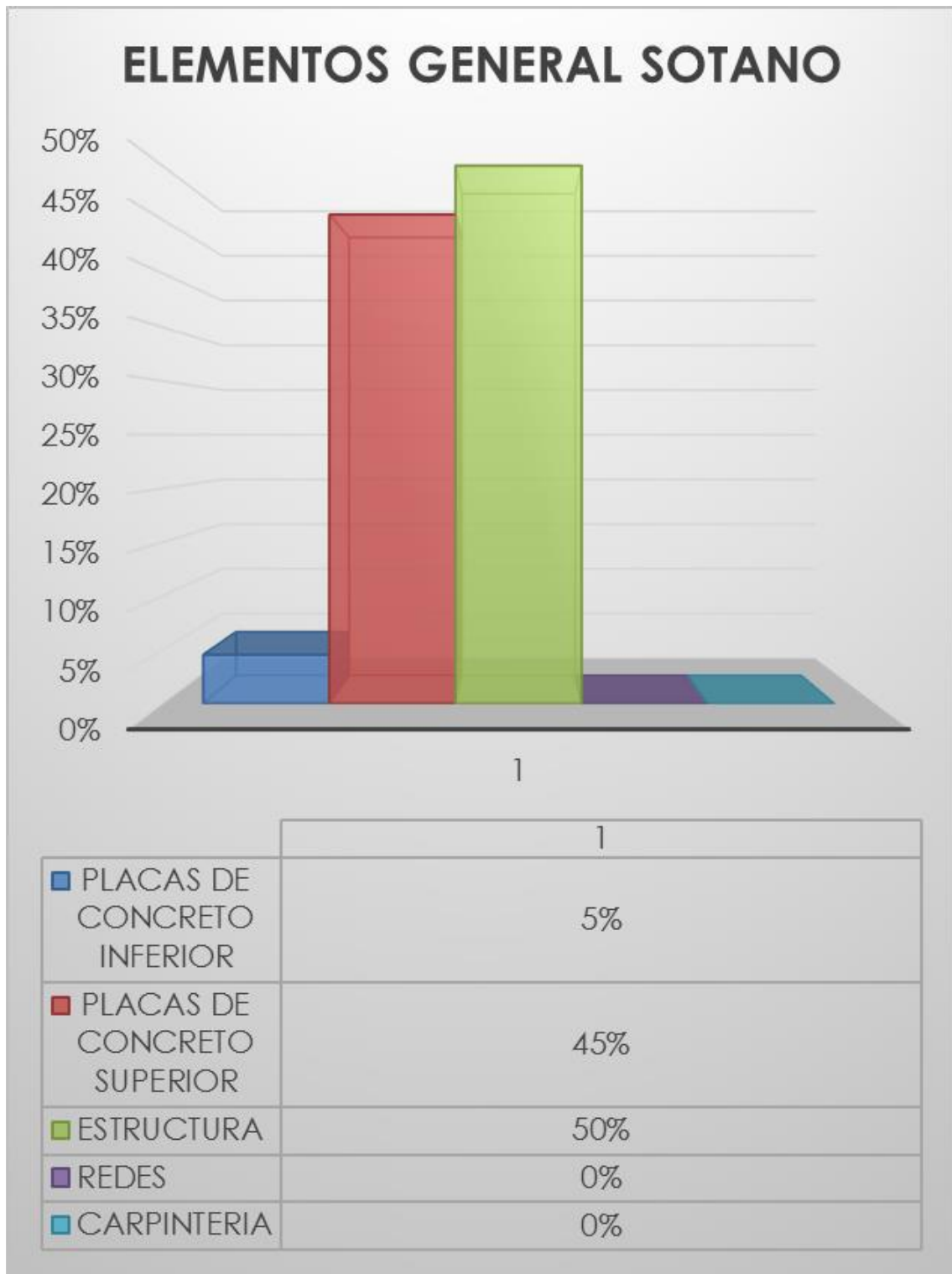


Figura 20. Lesiones en Elementos del Sótano. Consolidado de la Información.

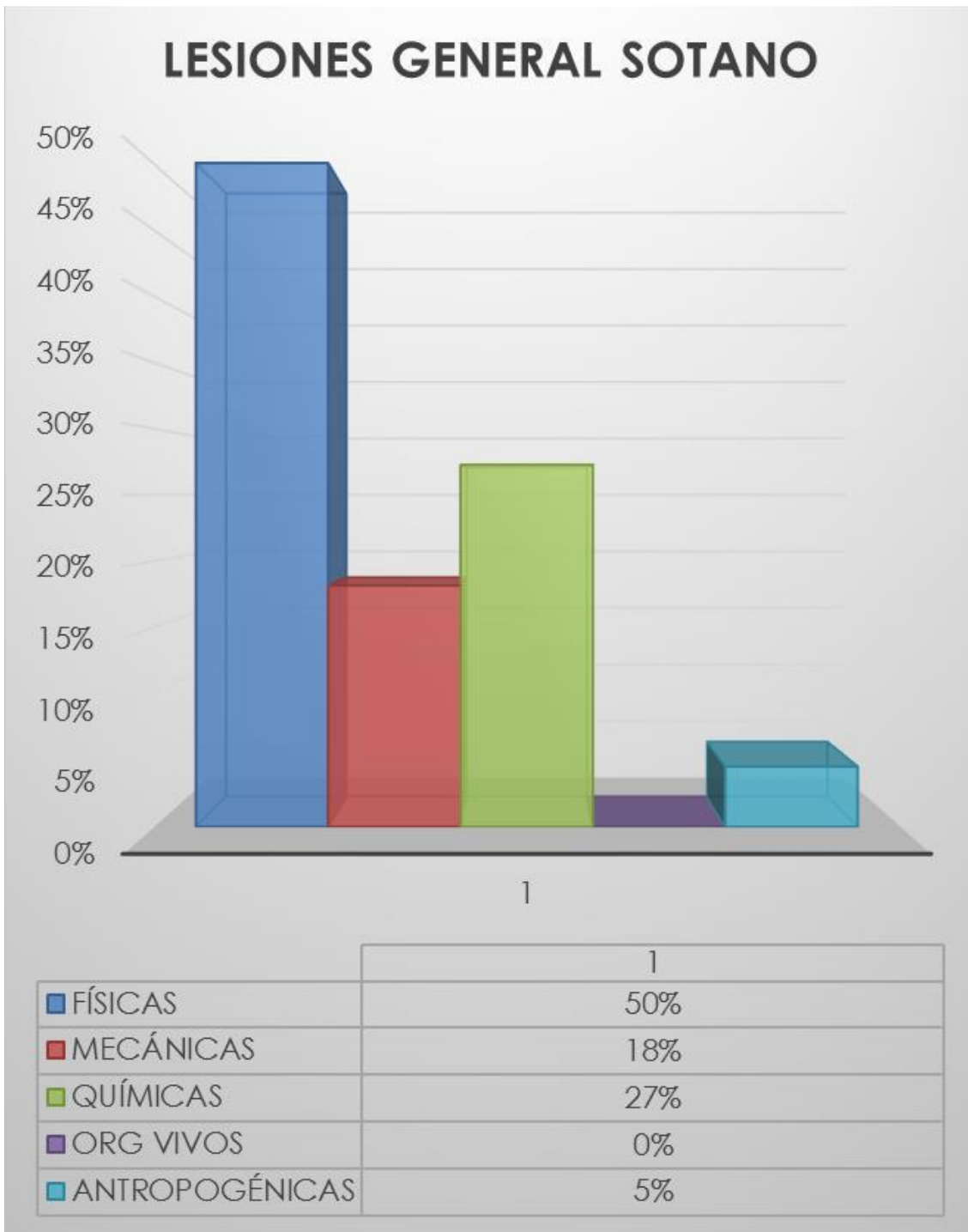


Figura 21. Total, de Lesiones en General en Sótano. Consolidado de la Información.

#### Fase 4 - Fase Muestreo, Pruebas y Análisis

Se realizaron ensayos de materiales con equipos de última tecnología que dan cuenta del desarrollo de técnicas destructivas y no destructivas. Dichos procedimientos permitieron estimar los daños y lesiones que actualmente presenta la estructura y los materiales que la componen. Se realizó ensayos de contenido de cloruros, sulfatos y módulo de elasticidad, prácticas y procedimientos que permiten evaluar el estado y propiedades mecánicas de los materiales, como también estimar la resistencia del concreto en los sectores de análisis para las edificaciones.

#### Prueba de Ultrasonido



Figura 22. Equipo para Medir Velocidad del Pulso Ultrasónico.

Estas pruebas se realizaron con el equipo Ultrasonic Pulse Velocity para medir velocidades del pulso ultrasónico, como herramienta de control no destructivo del concreto, acorde a la norma ASTM-C 597, En la figura 22 se muestra el equipo de ultrasonido, el cual nos permite determinar:

La homogeneidad del concreto.

La presencia de vacíos, de grietas o de otras imperfecciones.

Cambios en el concreto que pueden ocurrir con el tiempo (deterioro natural), con la acción del fuego o de ataques químicos.

La calidad del concreto en lo referente a los requisitos estándares especificados, que refieren generalmente a su durabilidad y resistencia.

**Principios de la Prueba.** La velocidad de ultrasonido que viaja en el concreto sólido depende de la densidad y de las características elásticas del material. La calidad del material se puede relacionar con su tiesura elástica, entonces la medida de la velocidad de ultrasonido indicará su calidad, así como determinará sus características elásticas.

Para evaluar la calidad del concreto y de los materiales que lo conforman se mide la velocidad de los pulsos de ultrasonido, es necesario que esta medida sea con un alto orden de exactitud.

El procedimiento radica en la generación de pulsos convenientes y mide la duración de la transmisión de la onda, sobre la distancia o longitud del camino de la onda se debe medir para determinar la velocidad del pulso, siendo:

$$\text{Velocidad del pulso} = \text{longitud del camino} / \text{Tiempo de tránsito}$$

El instrumento utilizado - Ultrasonic Pulse Velocity. Pundi Lab Proceq – indica el tiempo tomado por el pulso de ultrasonido en viajar desde el transductor de salida (emisor) hasta el transductor de llegada (receptor), se logra esto cuando los transductores son colocados de manera conveniente en la superficie de la estructura a ensayar.

En la Figura 23 se puede ver el diagrama simplificado del sistema de operación del instrumento en mención.

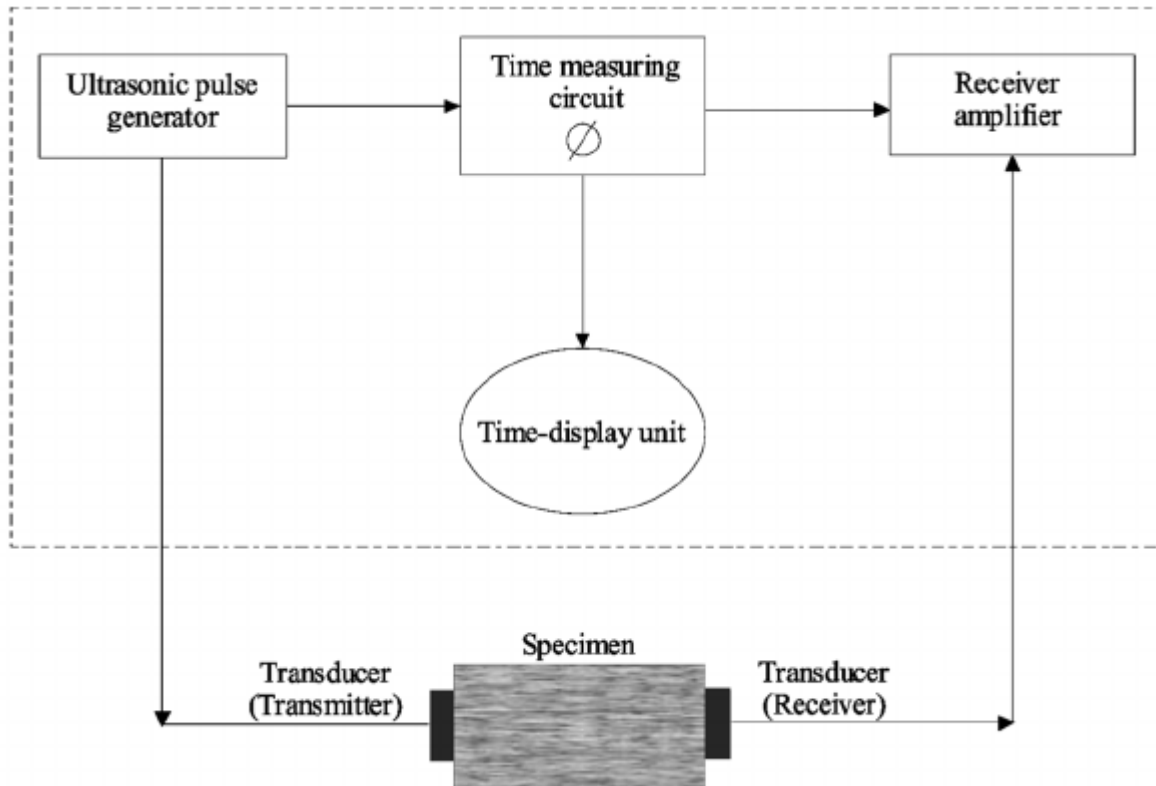


Figura 23. Diagrama Simplificado del Sistema de Operación Ultrasonic Pulse Velocity.

Para las muestras realizadas del sector de sótano, los resultados obtenidos se evidencian en las figuras 23, 24 y 25.


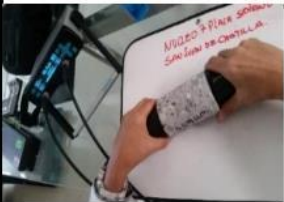

<b>ENSAYO DE ULTRASONIDO DIRECTO: CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA</b>					
<b>LECTURA</b>	<b>ID</b>	<b>Velocity [m/s]</b>	<b>Time 1 [μs]</b>	<b>Nivel de senal %</b>	<b>Ambient Temperature [°C]</b>
<b>NUCLEO 5 h= 10 cm PLACA ENTREPISO PARQUEADERO VISITANTES</b>					
	740	3150	25,4	100%	18
<b>NUCLEO 7 h= 10 cm PLACA DE CONTRAPISO SOTANO (TORTA SUPERIOR)</b>					
	742	3042	26,3	100%	18
<b>NUCLEO 7 h= 12 cm PLACA DE CONTRAPISO SOTANO (TORTA INFERIOR)</b>					
	732	3504	27,4	100%	18
<b>NUCLEO 8 h= 12 cm PLACA ENTREPISO PARQUEADERO VISITANTES 28</b>					
	744	3087	31,1	100%	18
<b>OBSERVACIONES</b>					

Figura 24. Lecturas Ensayo de Ultrasonido Sótano.





ENSAYO DE ULTRASONIDO CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA				
LECTURA	ID	Velocity [m/s]	Time 1 [μs]	Ambient Temperature [°C]
<b>COLUMNA C-6 SECCION 30x30 (ZONA MEDIA DEL ELEMENTO)</b>				
	695 696 697	2765.00	86.80	18
<b>COLUMNA D-4 SECCION 30x30 (ZONA MEDIA DEL ELEMENTO)</b>				
	698 699 700	2612.67	91.87	18
<b>COLUMNA E-3 SECCION 30x30 (ZONA MEDIA DEL ELEMENTO)</b>				
	701 702 703	2502.33	95.93	18
<b>COLUMNA E-2 SECCION 30x30 (ZONA MEDIA DEL ELEMENTO)</b>				
	704 705 706	2592.00	92.60	18
<b>OBSERVACIONES:</b>				

Figura 25. Lecturas Ensayo de Ultrasonido Sótano.




ENSAYO DE ULTRASONIDO CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA				
LECTURA	ID	Velocity [m/s]	Time 1 [μs]	Ambient Temperature [°C]
<b>COLUMNA B-3 SECCION 30X30 (ZONA MEDIA DEL ELEMENTO)</b>				
	707 708 709	2765.00	89.00	18
<b>MURO NORTE SOTANO ENTRE EJES C Y D</b>				
	711 712 713 714	3774.00	27.43	18
<b>MURO NORTE SOTANO ENTRE EJES A Y B</b>				
	315 316 318	3105.33	39.30	18
<b>OBSERVACIONES:</b>				

Figura 26. Lecturas Ensayo de Ultrasonido Sótano.

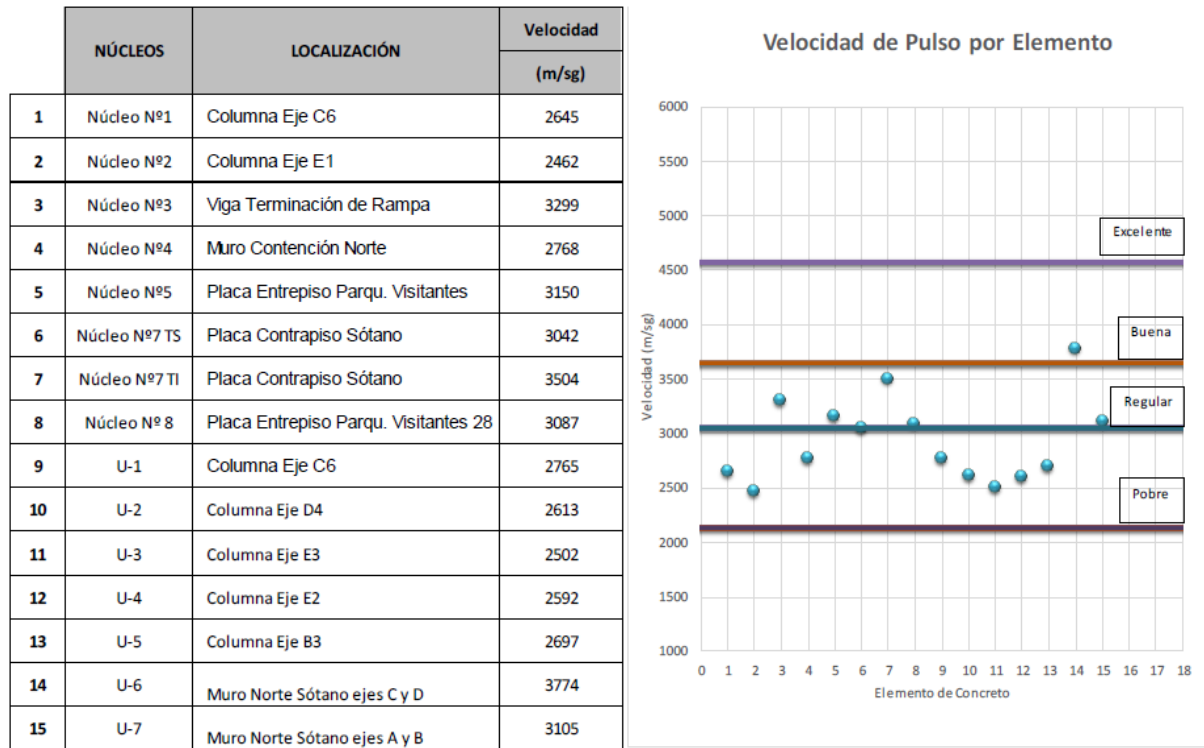


Figura 27. Resumen Resultados Ensayo de Ultrasonido Sótano. Consolidado de Datos.

La clasificación de la calidad del concreto, según la velocidad de pulso ultrasónico se indica en tabla 4. (Guzmán, D. 2004)

Tabla 4

*Clasificación de la Calidad del Concreto, Según la Velocidad de Pulso Ultrasónico*

<u>Velocidad (m/seg)</u>	<u>Condición del Hormigón</u>
Más de 4500	Excelente
De 3500 a 4500	Buena
De 3000 a 3500	Regular
De 2000 a 3000	Mala
Menos de 2000	Muy Mala

**Relación Entre la Resistencia a la Compresión y Parámetros de Ultrasonido.** Una de las aplicaciones más comunes del ultrasonido ha sido la verificación del nivel de calidad del concreto, basándose en la correlación entre la velocidad de pulso ultrasónico con la resistencia a la compresión. De esta manera, a continuación, se procede a generar dicha correlación entre las velocidades de pulso y los datos de resistencia a la compresión entregados por Laboratorio Asocreto.

En la Tabla 5 se establece una correlación entre datos obtenidos de lecturas de velocidad y datos obtenidos por resistencia sobre núcleos, dando como resultado una resistencia corregida; en caso de las lecturas tomadas en el Paciente.

Tabla 5

*Correlación Resistencia a Compresión y Velocidad de Pulso, Sótano*

<u>Núcleo</u>	<u>Elemento</u>	<u>Resistencia a la compresión</u>	<u>Velocidad Pulso</u>	<u>Factor de Correlación</u>	<u>Promedio</u>	<u>Resistencia Corregida</u>
		<u>(Mpa)</u>	<u>(m/s)</u>	<u>K</u>	<u>K</u>	<u>(Mpa)</u>
No 1	Columna eje C6	14,9	2645	177,52	117,52	22,51
No 2	Columna eje E1	27,1	2462	90,85	117,52	20,95
No 3	Viga terminacion de rampa	48,8	3299	67,60	117,52	28,07
No 4	Muro contencion norte	23,8	2768	116,30	117,52	23,55
No 5	Placa entre piso parqueadero viitantes	30,3	3150	103,96	117,52	26,80
No 7	Placa contrapiso sótano	26,1	3042	116,55	117,52	25,89
No 8	Placa entre piso parqueadero visitantes 28	20,6	3087	149,85	117,52	26,27
	Promedio	27,37	2921,86	117,52		24,86

### Prueba de Esclerómetro



Figura 28. Esclerómetro Digital – Silver Schmidt Hammer C383-10

Según los conocimientos adquiridos durante la electiva Ensayos y Estudios de campo en la Patología de la construcción de la Universidad Santo Tomas, Ing. Oscar Alberto Diaz, en concretos viejos, por consiguiente, excesivamente duros, se deberá quitar hasta unos 10 mm de la capa superficial. En lo que corresponde a una superficie para efectuar de 10 a 12 impactos con el esclerómetro y realizar una corrección por carbonatación, según el frente de avance.

**Ensayo de Esclerometría.** Se realizó el ensayo de esclerometría de acuerdo con los parámetros de la norma ASTM-C 805. Esta permitió estimar la resistencia a la compresión aproximada del concreto. Las muestras se tomaron en la capa superficial de cada elemento de la estructura de concreto del Conjunto San Juan de Castilla, entre 10 a 12 impactos con el esclerómetro y se realizó una corrección por carbonatación, según el frente de avance. Con los resultados obtenidos se calibraron las resistencias para la idealización de los modelos matemáticos que apoyan el estudio para determinar el grado de funcionalidad estructural en la zona del sótano, obteniendo los resultados mostrados en las figuras 29,30,31 y 32.

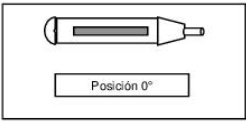
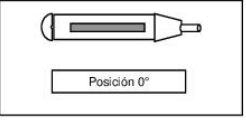
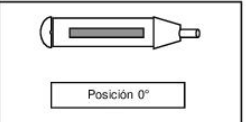
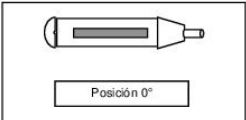
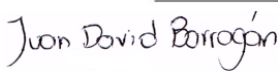
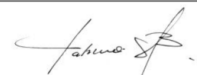
<b>PROYECTO:</b>		ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA					
<b>ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)</b>							
<b>1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO</b>				<b>Fecha de Ensayo: 2016-20-10</b>			
Elemento	Lecturas Rebote - E1				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Columna B-3	38		36		32,15	327,83	
	38		40				
	36		38				
	38		40				
	38		38				
	Prom. Bruto		38,00				
	Prom. Remanente		38,00				
Elemento	Lecturas Rebote - E2				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Columna E-2	38		40		32,15	327,83	
	36		38				
	40		38				
	38		38				
	36		38				
	Prom. Bruto		38,00				
	Prom. Remanente		38,00				
Elemento	Lecturas Rebote - E3				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Columna E-3	40		38		32,15	327,83	
	40		36				
	38		38				
	38		38				
	38		38				
	Prom. Bruto		38,20				
	Prom. Remanente		38,00				
Elemento	Lecturas Rebote - E4				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Columna C-6	40		38		32,90	335,50	
	42		38				
	40		38				
	38		40				
	38		40				
	Prom. Bruto		39,20				
	Prom. Remanente		38,89				
<b>Observaciones:</b> _____							
							
Ejecutó: Técnico				Revisó: Ing. Civil			

Figura 29. Lecturas Ensayo Esclerómetro.

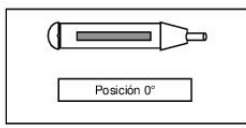
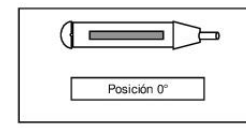
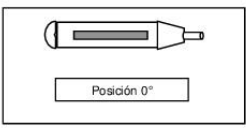
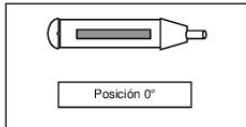
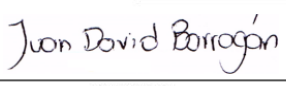

<b>PROYECTO:</b>		ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA					
<b>ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)</b>							
<b>1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO</b>				<b>Fecha de Ensayo: 2016-20-10</b>			
Elemento	Lecturas Rebote - E5				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Columna E-1	42		38		32,39	330,29	
	40		42				
	38		42				
	38		38				
	38		38				
	Prom. Bruto		39,40				
	Prom. Remanente		38,29				
Elemento	Lecturas Rebote - E6				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Muro Norte Sótano entre Ejes C y D	38		38		32,78	334,30	
	44		38				
	46		40				
	38		42				
	38		38				
	Prom. Bruto		40,00				
	Prom. Remanente		38,75				
Elemento	Lecturas Rebote - E7				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Muro Norte Sótano entre Ejes A y B	38		36		31,21	318,24	
	38		40				
	36		38				
	36		36				
	36		38				
	Prom. Bruto		37,20				
	Prom. Remanente		36,89				
Elemento	Lecturas Rebote - E8				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Núcleo N° 1 Columna Eje C6	14		18		13,54	138,03	
	14		14				
	16		16				
	18		16				
	18		16				
	Prom. Bruto		16,00				
	Prom. Remanente		16,00				
<b>Observaciones:</b> _____							
 Ejecutó: Técnico				 Revisó: Ing. Civil			

Figura 30. Lecturas Ensayo Esclerómetro.






<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding: 2px;"><b>PROYECTO:</b></td> <td style="padding: 2px;">ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA</td> </tr> </table>					<b>PROYECTO:</b>	ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA	
<b>PROYECTO:</b>	ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA						
<b>ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)</b>							
<b>1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO</b>			<b>Fecha de Ensayo: 2016-20-10</b>				
Elemento	Lecturas Rebote - E9				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Núcleo N° 2 Columna Eje E1	16	18	18	18	15,23	155,29	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-top: 5px;">Posición 90°</div>
	18	18	18	18			
	18	18	18	18			
	18	18	18	18			
	18	18	18	18			
	Prom. Bruto	17,80					
	Prom. Remanente	18,00					
Elemento	Lecturas Rebote - E10				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Núcleo N° 3 Viga Terminación De Rampa	14	18	20	20	16,36	166,79	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-top: 5px;">Posición 90°</div>
	20	20	20	20			
	20	20	20	20			
	18	20	20	20			
	20	18	18	18			
	Prom. Bruto	18,80					
	Prom. Remanente	19,33					
Elemento	Lecturas Rebote - E11				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Núcleo N° 4 Muro De Contención (Norte) Entre Ejes C - D	16	18	18	18	14,17	144,50	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-top: 5px;">Posición 90°</div>
	16	18	18	18			
	16	16	16	16			
	16	20	20	20			
	18	20	20	20			
	Prom. Bruto	17,40					
	Prom. Remanente	16,75					
Elemento	Lecturas Rebote - E12				MPa	kg/cm <sup>2</sup>	Observaciones
Núcleo N° 7 Placa De Contrapiso Sótano (TS)	20	20	20	20	16,92	172,54	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-top: 5px;">Posición 90°</div>
	20	20	20	20			
	20	18	18	18			
	20	20	20	20			
	22	18	18	18			
	Prom. Bruto	19,80					
	Prom. Remanente	20,00					
<b>Observaciones:</b> _____ <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 45%;"> <p style="font-size: 1.2em; font-family: cursive;">Juan David Borroján</p> <p style="font-size: 0.8em;">Ejecutó: Técnico</p> </div> <div style="width: 45%; text-align: right;">  <p style="font-size: 0.8em;">Revisó: Ing. Civil</p> </div> </div>							

Figura 31. Lecturas Ensayo Esclerómetro.




<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE PATOLOGIA ESTRUCTURAL CONJUNTO SAN JUAN DE CASTILLA						
<b>ESTIMACIÓN DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON ESCLEROMETRO NTC 3692 (ASTM C- 805-94)</b>						
<b>1 REPORTE DE RESISTENCIAS ESTIMADAS CON ESCLEROMETRO</b>			<b>Fecha de Ensayo: 2016-20-10</b>			
<b>Elemento</b>	<b>Lecturas Rebote - E13</b>			<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Núcleo N° 7 Placa De Contrapiso Sótano (TI)	14	16		14,66	149,54	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-left: 10px;">Posición 90°</div>
	14		18			
	18		16			
	18		20			
	18		20			
	Prom. Bruto		17,20			
	Prom. Remanente		17,33			
<b>Elemento</b>	<b>Lecturas Rebote - E14</b>			<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Núcleo N° 8 Placa Entrepiso Parqueadero Visitantes 28	18		18	15,23	155,29	 <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px; margin-left: 10px;">Posición 90°</div>
	18		18			
	18		18			
	18		18			
	16		18			
	Prom. Bruto		17,80			
	Prom. Remanente		18,00			
<b>Elemento</b>	<b>Lecturas Rebote</b>			<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Prom. Bruto						
Prom. Remanente						
<b>Elemento</b>	<b>Lecturas Rebote</b>			<b>MPa</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Observaciones</b>
Prom. Bruto						
Prom. Remanente						
<b>Observaciones:</b> _____						
- Juan David Borrojoán -						

Figura 32. Lecturas Ensayo Esclerómetro.

**Relación Entre la Resistencia a la Compresión y Parámetros de Esclerómetro.** Al aplicar este método en donde se evaluó la resistencia de determinada zona cercana de la superficie del concreto, se tuvo en cuenta varios aspectos que pueden incidir en la lectura, falseando la resistencia, así determinada. Entre las variables del ensayo de Esclerometría se encuentra la profundidad de carbonatación en el concreto, ya que este fenómeno endurece superficialmente la masa, desvirtuando algunas veces la resistencia real, se realizó mediciones las cuales se evidencian en las figuras No 29, 30,31 y 32.

A continuación, se genera su correlación con las resistencias a compresión en núcleos, obteniéndose un valor corregido promedio, dicho proceso se lleva a cabo por medio de formulación propuesta en los formatos presentados en las fichas de "Estimación de Resistencia Del Concreto con Esclerómetro NTC 3692 (ASTM C- 805-18)", convirtiendo el valor de rebotes a un estimado de resistencia a compresión de este proceso, se genera una curva dimensionada.

Los datos que son hallados de esta curva generan la ecuación de la recta de la cual se toman las constantes a, b, c y un término independiente (T.I), con estos se formula el cálculo de las lecturas de rebote para hallar así el valor aproximado de la resistencia promedio.

En la figura 32 se presenta los resultados obtenidos del Índice Esclerométrico y resistencia aproximada medida en los elementos estructurales evaluados en el Conjunto San Juan de Castilla, de ellos se genera la curva con su respectiva ecuación para los valores de a, b, c y T.I.

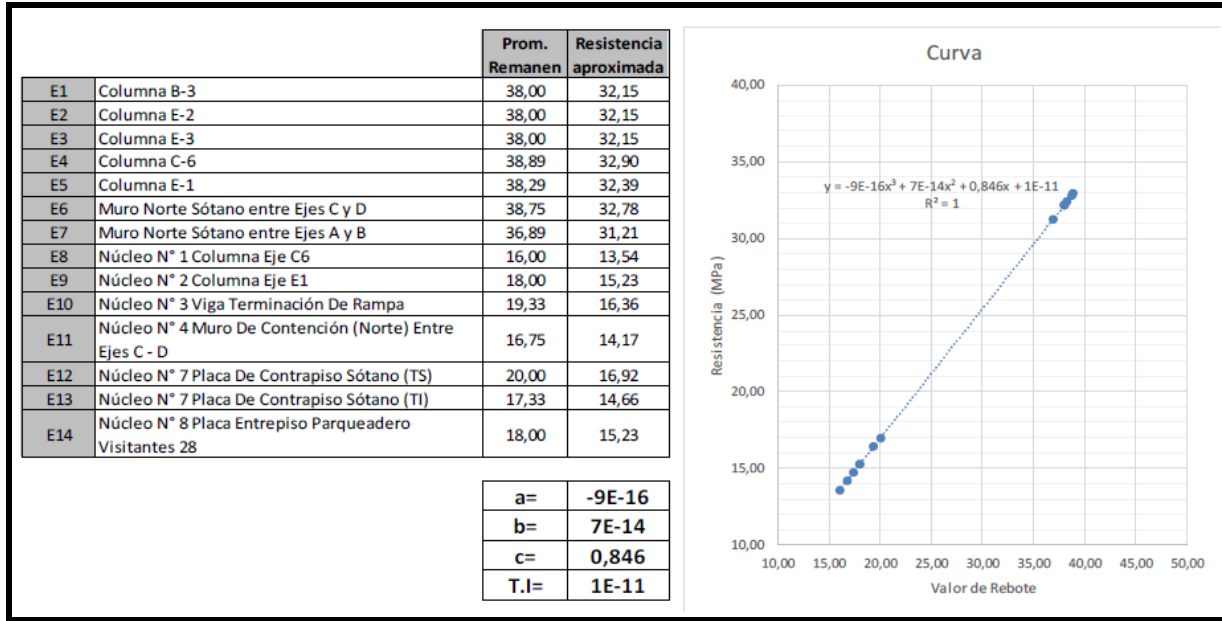


Figura 33. Promedio Remanente y Resistencia Aproximada, Sótano.

Tabla 6

Resultados Obtenidos de Relacionar Datos de Campo y Constantes a, b, c; Termino Independiente F(y), Indicados en la Figura 33

E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
<u>Columna B-3</u>	<u>Columna E-2</u>	<u>Columna E3</u>	<u>Columna C-6</u>	<u>Columna E-1</u>	<u>Muro norte sótano entre Ejes C Y D</u>	<u>Muro norte sótano entre Ejes A Y B</u>	<u>Núcleo N° 1 Columna Eje C6</u>	<u>Núcleo N° 2 Columna Eje E1</u>
32,15	32,15	33,84	33,84	35,53	32,15	32,15	11,84	13,54
32,15	30,46	33,84	35,53	33,84	37,22	32,15	11,84	15,23
30,46	33,84	32,15	33,84	32,15	38,92	30,46	13,54	15,23
32,15	32,15	32,15	32,15	32,15	32,15	30,46	15,23	15,23
32,15	30,46	32,15	32,15	32,15	32,15	30,46	15,23	15,23
30,46	33,84	32,15	32,15	32,15	32,15	30,46	15,23	15,23
33,84	32,15	30,46	32,15	35,53	32,15	33,84	11,84	15,23
32,15	32,15	32,15	32,15	35,53	33,84	32,15	13,54	15,23
33,84	32,15	32,15	33,84	32,15	35,53	30,46	13,54	15,23
32,15	32,15	32,15	33,84	32,15	32,15	32,15	13,54	15,23

Nota. Unidades (Mpa)

Tabla 7

*Resultados Promediados Resistencia a la Compresión del Concreto*

<u>Eje</u>	<u>Elemento</u>	<u>f'c (Mpa)</u>
E1	Columna B-3	32,15
E2	Columna E-2	32,15
E3	Columna E-3	32,32
E4	Columna C-6	33,16
E5	Columna E-1	33,33
E6	Muro Norte sótano entre Ejes C y D	33,84
E7	Muro Norte sótano entre Ejes A y B	31,47
E8	Núcleo N°1 Columna Eje C6	13,54
E9	Núcleo N°2 Columna Eje E1	15,06
E10	Núcleo N°3 viga terminación de rampa	15,90
E11	Núcleo N°4 Muro de contención (Norte)entre Ejes C y D	14,72
E12	Núcleo N°7 Placa de contrapiso sótano (TS)	15,40
E13	Núcleo N°7 Placa de contrapiso sótano (TI)	14,55
E14	Núcleo N°8 Placa de entrapiso parqueadero de visitantes 28	15,06

*Nota.* Tomados de tabla 6

Tabla 8

*Resultados Tabla 7*

<u>Indicador</u>	<u>f'c (Mpa)</u>
Media	23,76
Mediana	23,69
Desviación estándar	9,24
Varianza de la muestra	85,32
Rango	20,30
Mínimo	13,54
Máximo	33,84

*Nota.* Consolidado de la información.

### Ensayo de Microscopio de Campo al Concreto ASTM C 457

Ensayo no destructivo que se realiza al concreto, el cual combina la inspección visual con el examen microscópico según ASTM C 457-16; usando barrido por microscopio de campo a la matriz cementicia para determinar sistema aire – vacío del concreto. Pruebas realizadas con “SVP digital portátil Mobile Magnifier MicroScope 500x ZOOM”. La visualización LCD digital del microscopio de tres lentes proporcionan los niveles de aumento de 10 x -500 x,. esto le permite ver objetos en hasta 500 veces su tamaño original, de acuerdo con la ficha técnica del equipo.



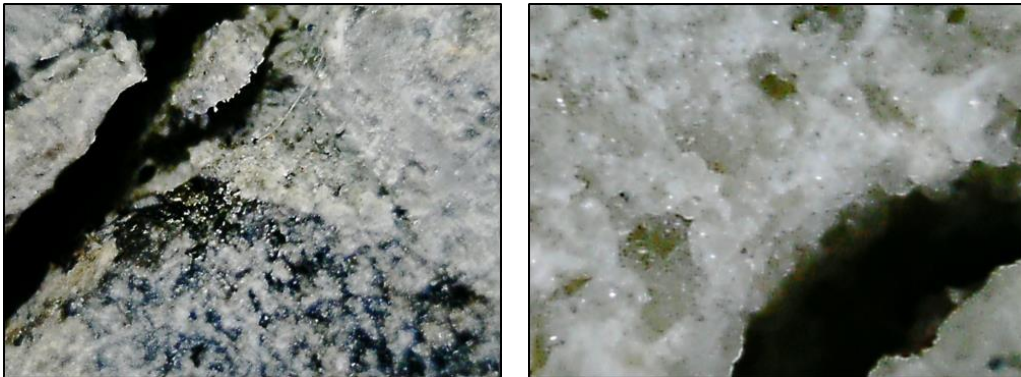
Figura 34. Microscopio de Campo – SVP digital Portátil Mobile Magnifier MicroScope Binoculares 500X ZOOM.

El análisis mediante microscopio determina:

- Condiciones del material
- Causas de deterioro del concreto
- Descripción del concreto definiendo: grado de carbonatación en la pasta de cemento,

grado de corrosión en el acero de refuerzo, identificación de la evidencia de la reacción patógena álcali – agregado, ataque de sulfato o de otro ataque químico, estimación del contenido de aire, evidencia de congelamiento, y causas de fisuración.

**Descripción del Sistema.** El microscopio de campo muestra objetos en tiempo real con hasta 500 aumentos en la pantalla del ordenador. Los cuadros LEDS descentrados de microscopio SVP digital portátil Mobile Magnifier Micro Scope 500x ZOOM, iluminan desde todos los lados el espécimen de concreto investigado de forma óptima, consiguiendo una imagen nítida y brillante. El dispositivo permite observar incluso movimientos o alteraciones no visibles (daños en el concreto) en la investigación de superficies, placas, y todo tipo de estructura en concreto.





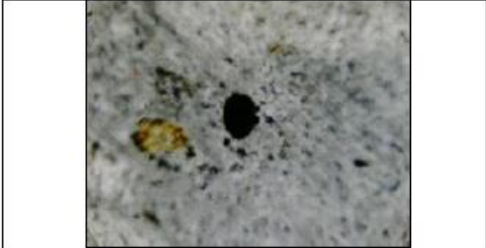

*Figura 35.* Matriz de Concreto Afectada. Las grietas abiertas se llenan parcialmente con carbonato de calcio – Imagen tomada con microscopio de campo sector del sótano.

**Principios de la Prueba.** Esta prueba describe el procedimiento estándar para la realización de un examen al concreto endurecido con el fin de determinar el estado de su matriz. Las pruebas examinadas son tomadas aleatoriamente de la estructura estudiada. Para el examen de las muestras se requiere la toma de imágenes por medio de microscopio de campo USB para posterior transmisión de datos al pc y análisis de la estructura según lo indicado en el apéndice X1 de ASTM C 856 y ASTM C 457 métodos para identificar donde el gel álcali puede estar

presente en caso de que la matriz este afectada por reacción de agregados por causas químicas.

<b>Estudios Técnicos conjunto</b> <b>San Juan de Castilla</b>	<b>Elaborado por</b> L.C.A.R	<b>Fecha</b> Dic-16	<b>Ficha</b> 001
--	---------------------------------	------------------------	---------------------

<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO - COLUMNA
<b>LOCALIZACION</b>	EJE C-6
<b>EIELEMENTO</b>	NUCLEO N.1





  

**OBSERVACIONES:**  
 La degradación generada por la presencia de sulfatos es causada por el contenido de aluminato tricálcico del cemento, se genera una reacción química, creando fuertes presiones internas en el poro de concreto a causa de su aumento de volumen. Generando tensiones que se traducen en fisuras en la matriz del concreto.

Figura 36. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.

<b>Estudios Técnicos conjunto San Juan de Castilla</b>		<b>Elaborado por</b> L.C.A.R	<b>Fecha</b> Dic-16	<b>Ficha</b> 002
--	--	---------------------------------	------------------------	---------------------

<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO - COLUMNA
<b>LOCALIZACION</b>	EJE C-1
<b>ELEMENTO</b>	NUCLEO N.2


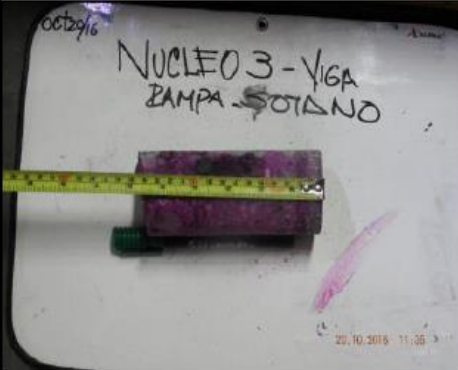


  

**OBSERVACIONES:**  
 Las tensiones que genera la presencia de los sulfatos se evidencia en fisuras y expansiones en la matriz del concreto haciendolo susceptible al ingreso del Co<sub>2</sub>, y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo que con el tiempo produce corrosion.

Figura 37.Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.

<b>Estudios Técnicos conjunto</b> <b>San Juan de Castilla</b>	<b>Elaborado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Ficha</b>
	L.C.A.R	Dic-16	003

<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO - VIGA TERMINACION DE RAMPA
<b>LOCALIZACION</b>	EJE 7 (A-B)
<b>EIELEMENTO</b>	NUCLEO N.3



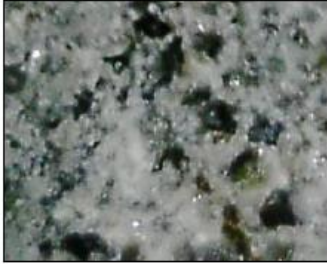

  

**OBSERVACIONES:**  
 La degradación generada por la presencia de sulfatos es causada por el contenido de aluminato tricálcico del cemento, se genera una reacción química, creando fuertes presiones internas en el poro de concreto a causa de su aumento de volumen. Generando tensiones que se traducen en fisuras en la matriz del concreto y presencia de geles.

Figura 38. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.

<b>Estudios Técnicos conjunto</b> <b>San Juan de Castilla</b>	<b>Elaborado por</b>	<b>Fecha</b>	<b>Ficha</b>
	L.C.A.R	Dic-16	004

<b>UBICACIÓN</b>	SOTANO - MURO DE CONTENCIÓN
<b>LOCALIZACIÓN</b>	NORTE
<b>ELEMENTO</b>	NUCLEO N.4

**OBSERVACIONES:**  
 Las tensiones que genera la presencia de los sulfatos se evidencia en fisuras y expansiones, red porosa en la matriz del concreto haciendolo susceptible al Ingreso del Co2, y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo.

Figura 39. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.


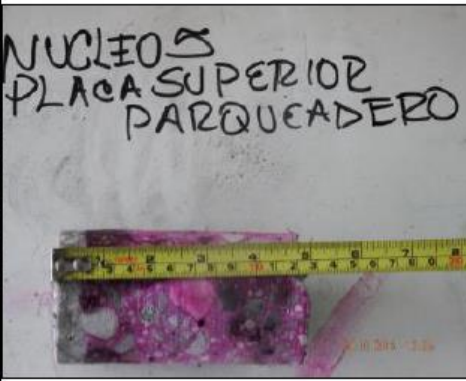


Estudios Técnicos conjunto San Juan de Castilla		Elaborado por	Fecha	Ficha
		L.C.A.R	Dic-16	005
				
				
UBICACIÓN	SOTANO - PLACA DE ENTREPISO			
LOCALIZACIÓN	PARQUEADEROS DE VISITANTES			
ELEMENTO	NUCLEO N.5			
<b>OBSERVACIONES:</b> Las tensiones que genera la reacción mecánica ante la presencia sulfatos se evidencia en fisuras y expansiones en la matriz del concreto haciendolo susceptible al ingreso del Co <sub>2</sub> , y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo.				

Figura 40. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.

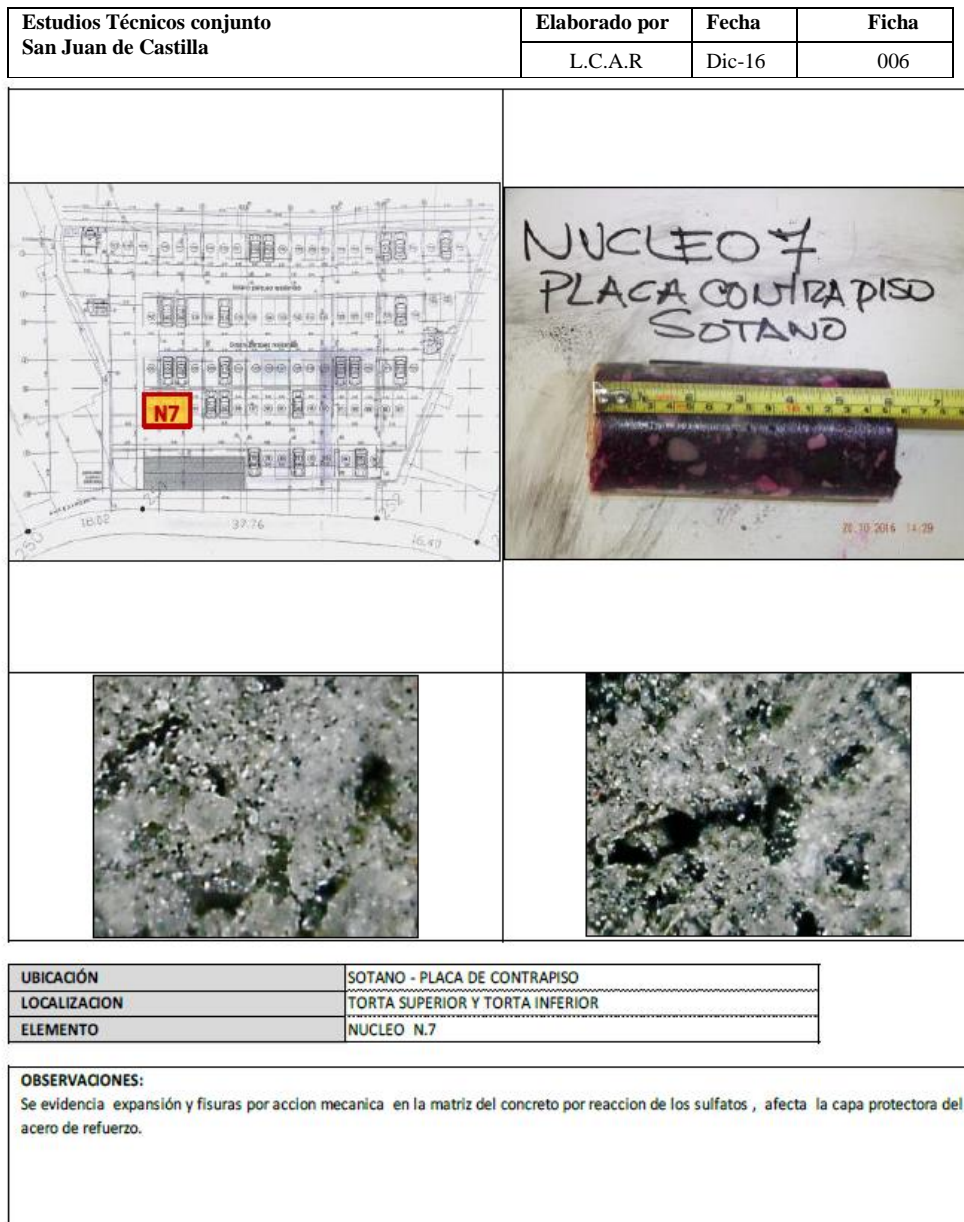


Figura 41. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.



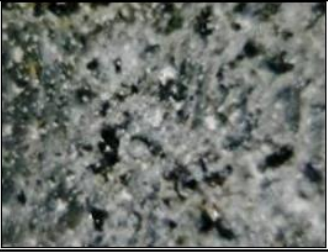

Estudios Técnicos conjunto San Juan de Castilla		Elaborado por	Fecha	Ficha						
		L.C.A.R	Dic-16	007						
										
										
<table border="1"> <tr> <td>UBICACIÓN</td> <td>SOTANO - PLACA DE ENTREPISO</td> </tr> <tr> <td>LOCALIZACION</td> <td>PARQUEADERO DE VISITANTES N. 28</td> </tr> <tr> <td>EIELEMENTO</td> <td>NUCLEO N.8</td> </tr> </table>		UBICACIÓN	SOTANO - PLACA DE ENTREPISO	LOCALIZACION	PARQUEADERO DE VISITANTES N. 28	EIELEMENTO	NUCLEO N.8	<p><b>OBSERVACIONES:</b> Se observa porosidad en el concreto, es una característica que afecta la resistencia a la compresion y la durabilidad. Indispensable en la vida util de la estructura.</p>		
UBICACIÓN	SOTANO - PLACA DE ENTREPISO									
LOCALIZACION	PARQUEADERO DE VISITANTES N. 28									
EIELEMENTO	NUCLEO N.8									

Figura 42. Ficha de Reconocimiento Microscopia en Elementos de Concreto.

**Ensayo de Núcleos Extraídos NTC 3658 - ASTM C 42-13**

*Figura 43.* Extracción de Núcleo Perpendicular al Plano de Colocación del Concreto. Columna en Sótano Sector de Mayor Resistencia.

Se encuadra dentro de los ensayos destructivos del concreto, con tareas a desarrollar “in situ” y en laboratorio la Norma NTC 3658 (ASTM C 42-13) “Método de obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas”, indica los procedimientos con los cuales se debe realizar la tarea de extracción de núcleos en estructuras de concreto para su posterior ensayo a compresión y análisis de resultados.

**Principios de la Prueba.** En general, las probetas de ensayo se extraen cuando existen dudas sobre la calidad del concreto que se ha colocado por indicios de deterioro en la estructura. El método permite entonces proporcionar información de resistencia tanto a compresión como a tracción de estructuras de concreto antiguas.

La resistencia del concreto se ve afectada por su ubicación en el elemento estructural, tendiendo a ser más resistente el concreto de la base que el de la parte superior. La resistencia del núcleo también se ve afectada por su orientación en relación con el plano de colocación

horizontal del concreto, tendiendo a ser inferior si el núcleo se obtiene de forma paralela al plano horizontal. Se realiza entonces extracción de núcleos para medición de la resistencia del concreto en elementos estructurales de vigas, columnas y placas horizontales de acuerdo con plano de localización.

**Medición.** Para determinar el espesor de muros y otros elementos estructurales deben tener un diámetro de al menos 95 mm (3.75 in). Para núcleos que no se pretendan usar para la dimensión de elementos estructurales, medir la longitud mayor y menor sobre la superficie cortada a la longitud de líneas paralelas al eje del núcleo. Registrar la longitud promedio con una aproximación de 5 mm (1/4 in).

**Ensayo.** Ensayar los especímenes de acuerdo con los requisitos del método de ensayo ASTM C 39-20. Ensayar los especímenes dentro de los 7 días siguientes a su extracción a menos que se especifique de otro modo. Según ACI 318S-05, Numeral 5.6.5.3, no se deben ensayar antes de 48 horas y no después de 7 días, si se usa agua durante el aserrado o esmerilado de los extremos de los núcleos.

**Cálculos.** Calcular la resistencia a la compresión de cada espécimen usando el área de la sección transversal calculada con base en su diámetro promedio. Si la relación longitud-diámetro (L/D) del núcleo es de 1,75 o menor, debe corregirse el resultado obtenido por el factor de corrección aplicable señalado en tabla 9.

Tabla 9

*Factores de Corrección Según Esbeltez de Núcleos. I.N.V.E-418-07*

<u>Relación L/D</u>	<u>Factor de Corrección</u>
1,75	0,96
1,50	0,96
1,25	0,93
1,00	0,87

*Nota.* Para valores de relaciones que no se encuentren en la tabla utilizar interpolación.

**Diámetro.** El diámetro de núcleos para determinar la resistencia a la compresión en elementos estructurales portantes debe ser de al menos 94 mm (3.70 in). Cuando es imposible obtener núcleos con una relación L/D mayor a 1, no están prohibidos los diámetros menores a 94 mm (3.70 in).

**Longitud.** Referiblemente, la longitud del espécimen perfilado debe ser de entre 1.9 y 2.1 veces el diámetro. Si la relación L/D excede 2,1, se debe reducir la longitud del núcleo de manera que la relación del espécimen se encuentre dentro del rango 1,9 y 2,1. Los núcleos con relaciones menores de 1,75 se requiere que se corrija la resistencia a la compresión obtenida.

### **Ensayo de Resistencia a la Compresión sobre Núcleos de Concreto**

El análisis de los resultados del ensayo a compresión de núcleos fue realizado por el Laboratorio del concreto ASOCRETO acreditado por la ISO/IEC 17025; 2005. Este ensayo de carácter destructivo el cual de acuerdo a la norma NTC 673, determina la resistencia a la compresión que se da por medio de la aplicación de una carga axial de compresión a los cilindros moldeados o núcleos a una velocidad que se encuentra dentro de un rango prescrito hasta que ocurra la falla; en el caso particular se calculó la resistencia a la compresión de diferentes

núcleos extraídos en el Estudio de caso, dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo por la sección transversal de área del núcleo.

Con respecto a lo descrito por la norma: “Se debe tener cuidado con la interpretación del significado de las determinaciones de resistencia a la compresión por este método de ensayo, dado que la resistencia no es una propiedad fundamental o intrínseca del concreto hecho de materiales dados. Los valores obtenidos dependen del tamaño y la forma del espécimen, dosificación, procedimientos de mezclado, los métodos de muestreo, moldeo, la fabricación, la edad, temperatura y las condiciones de humedad durante el curado”. (NTC 673, 2010, p. 6).

Con lo anterior se evidencia que los materiales y procesos constructivos juegan un rol imprescindible a la hora de hallar la resistencia del concreto, citando el caso particular, se tiene que los materiales y procesos constructivos son desconocido y que a juzgar por lo que se observó en la visita al campo, se debe tener especial cuidado con los resultados obtenidos pues la resistencia no es garantía de durabilidad.

A continuación, se relacionan los informes de los resultados dados por Asocreto:

Tabla 10

*Resultados Resistencia a la Compresión Sótano*


---

Informe de ensayo resistencia a la compresion sobre nucleos de concreto

---

<u>Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Area transversal</u> (mm <sup>2</sup> )	<u>Relación longitud diámetro</u>	<u>Factor de correlación</u>	<u>Carga</u> (kN)	<u>Resistencia de Rotura corregida</u> (kg/cm <sup>2</sup> )
No 1	Columna eje C6	3191,9	1,97	1	47,5	151,6
No 2	Columna eje E1	3176,9	2,03	1	86,2	276,7
No 3	Viga terminacion de rampa	3186,9	1,97	1	155,4	497,1
No 4	Muro contencion norte	3191,9	1,69	0,98	78	243,1
No 5	Placa entre piso parqueadero viitantes	3166,9	1,75	0,98	97,8	308,5
No 7	Placa contrapiso sótano	3191,9	1,97	1	83,3	266,2
No 8	Placa entre piso parqueadero visitantes 28	3176,9	1,96	1	65,4	209,8

---

*Nota.* Tabla Resumen de datos. Consolidado de la información.

### **Ensayo Módulo de Elasticidad del Concreto**

“El Módulo de Elasticidad del concreto o Modulo de Young es considerado uno de los más importantes parámetros en el diseño y construcción de estructuras de concreto reforzado. El valor del Módulo de Elasticidad en el caso del concreto aumenta con el tiempo dependiendo de la resistencia. En general a mayor resistencia del concreto y mayor densidad se tiende a obtener mayores valores”. (Quimbay Herrera, Rodrigo MSc, 2012, p.1).

Al evaluar el valor del módulo y como se describía en la resistencia a la compresión, se tiene que estos valores también dependen del tipo de concreto, su dosificación origen de los materiales, su comportamiento ante diferentes cargas a resistir determinada estructura, de la

matriz de cemento presente en el concreto y así mismo la calidad del agregado. Cabe anotar que los valores del módulo de elasticidad son directamente proporcionales a la resistencia que se obtiene del concreto.

Tabla 11

*Resultados Módulo de Elasticidad Sótano*

Informe de Ensayo módulo de elasticidad del concreto Hidráulico							
Núcleo	Localización	Resistencia del Concreto		Densidad (kg/cm <sup>3</sup> )	Módulo de Elasticidad		
		(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )		(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )	40% (f'c) (kg/cm <sup>2</sup> )
No. 2	Columna Eje E1	27,1	276,2	2186,7	40585,4	413820,4	110,5
No. 8	Placa entrepiso parqueadero visitantes 28	14,9	151,9	2500,01	23455,9	239163,8	60,8

*Nota.* Tabla Resumen de datos. Consolidado de la información.

### **Ensayo Contenido de Cemento en el Concreto Endurecido**

Es importante establecer las propiedades del concreto para de esta manera evidenciar su durabilidad a largo plazo, al determinar el contenido de cemento en la muestra del concreto del Paciente se toma como guía la norma NTC 3726, influye en la resistencia del concreto a cualquier edad. A mayor contenido de cemento se puede obtener una mayor resistencia y a menor contenido la resistencia del concreto va a ser menor. La eficiencia del cemento se obtiene al dividir la resistencia de un concreto por su contenido de cemento.

Para el caso estudiado se obtienen valores que se relacionan a continuación:

Tabla 12

*Resultados Ensayo Contenido de Cemento en el Concreto Endurecido, Sótano*

Informe de ensayo contenido de cemento en el concreto endurecido		
<u>Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Contenido de Cemento</u> <u>(% por Masa de concreto)</u>
N°1	Columna Eje C-6	16,4%
N°3	Viga Terminación de Rampa	20,3%

*Nota.* Tomado de reporte del laboratorio

### **Ensayo de Sulfatos en Concreto Endurecido I.N.V.E-233**

Las relativamente altas concentraciones de sulfatos que entran en contacto con los compuestos hidratados de la pasta de cemento causan el deterioro progresivo de la matriz del concreto afectado así su durabilidad. Como se ha venido presentando en el Conjunto San Juan de Castilla, el cual está expuesto a constantes Ciclos de humedecimiento y secado. Este contacto hace que se produzca una reacción química que genera expansión en la pasta y crea una presión capaz de romperla y finalmente desintegrar el concreto.

El Paciente presenta altos contenidos de sulfato como se evidencia en los resultados de ensayos de laboratorio indicados en tabla No 13.

Tabla 13

*Resultados Contenido de Sulfato Sótano*

Informe de ensayo contenido de sulfatos en el mortero y concreto		
<u>Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Sulfato - (SO4) (% por masa de concreto)</u>
N°7	Placa Contrapiso Sótano	0,840%

*Nota.* Tablas Resumen de datos. Consolidado de la Información.

El análisis de los resultados del ensayo a compresión de núcleos fue realizado por el Laboratorio del concreto ASOCRETO acreditado por la ISO/IEC 17025; 2005. Método que

proporcionó información necesaria sobre las propiedades mecánicas del concreto; la resistencia a la compresión, módulo de elasticidad, contenido de cemento.

### **Scanner Prueba de Detección de Refuerzos y Recubrimientos en la Estructura (ACI 228.2R-13).**



*Figura 44.* Escáner Profesional Hilti.

Estas pruebas consisten en la obtención de la localización, diámetro y recubrimiento de la armadura de refuerzo. Se realizan con el objeto de identificar un patrón de distribución del refuerzo, estimar un diámetro probable del refuerzo y garantizar “si se realiza” que la extracción de los núcleos o regatas puntuales se hagan en sitios donde no se vea comprometida la estructura.

Un manejo estadístico adecuado de la información obtenida puede disminuir en gran medida la cantidad de exploración destructiva en un proyecto de gran magnitud. Para la estructura en estudio, se efectuaron tomas de escáner profesional marcas HILTI (ferroscan) que migra los datos de lecturas al PC, esto con el fin de verificar como es la distribución del refuerzo y diámetros.

Dentro de los parámetros importantes de durabilidad, se verifica el recubrimiento mínimo que debe tener el acero en los elementos principales de la estructura y se compara con los

requerimientos de la norma. Cabe destacar que es de suma importancia realizar este tipo de ensayo para evaluar las cuantías de acero en los elementos de concreto reforzado.

Tabla 14

*Consolidado Ensayo de Ferrosan Sótano. ACI 228.2R*

Ferrosan (Localización Acero de Refuerzo/Diseño)					Comparativo con Planos de Diseño		NSR-98 C.7.7- Protección de Concreto para el Refuerzo
Ubicación	Localización	<u>Refuerzo Longitudinal</u> Ø"	<u>Refuerzo Transversal</u> Ø"	<u>Recubrimiento</u> (mm)	<u>Refuerzo Longitudinal</u>	<u>Refuerzo Transversal</u>	<u>Criterios de Aceptación y Rechazo</u>
F-1	Columna Eje C6 TC Entre 175-176	5/8	3/8	27	CUMPLE	CUMPLE	
F-2	Columna C6 TC	5/8	3/8	37	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
F-3	Columna entre parqueaderos 119- 120 Eje E1 TC	5/8	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	
F-4	Columna Eje C6 TC	5/8	3/8	30	CUMPLE	CUMPLE	
F-5	Viga terminación rampa – acceso Sótano TL	5/8	3/8	63	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-6	Viga terminación rampa – acceso Sótano TI	5/8	3/8	7	CUMPLE	CUMPLE	
F-7	Capitel Eje B3 TL	5/8	3/8	51	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-8	Capitel Eje B3 TL	5/8	3/8	25	NO CUMPLE	CUMPLE	
F-9	Muro de contención Norte TC	3/8 1/2	3/8	70	CUMPLE	CUMPLE	
F-23	Muro Norte (Parqueadero) TC	3/8 1/2	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-24	Muro parqueadero de motos N 10 TS	3/8 1/2	3/8	39	CUMPLE	CUMPLE	
F-25	Placa Parqueadero de visitantes (N8) TS	1/2	3/8	37	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
F-10	Placa Parqueadero 40 TS				NO DETERMINADOS		
F-10	Placa Parqueaderos 69 y 40 TS				NO DETERMINADOS		
F-22	Placa de Sótano Parqueadero 173 TS	3/8	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

*Nota.* Tomado de Ensayos de Ferrosan. Consolidado de la Información.

### Baja de PH y Carbonatación

Entre las agresiones ambientales al concreto, una de las más comunes en las grandes ciudades es la del dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>; el cual, unido a la humedad ambiental, ingresan al

concreto a través de sus poros, generando el ataque por carbonatación. A menudo poco atendido, la carbonatación es un proceso de avance lento pero continuo que culmina con la corrosión del acero en el concreto reforzado y llega a dañar seriamente una estructura. El avance del frente carbonatación para un concreto bien dosificado (350 Kg/m<sup>3</sup> de cemento) es de 1 mm/año.

La corrosión se produce por un descenso en la alcalinidad del concreto que puede ser debido a un “deslavado”, por circulación de aguas puras o ligeramente ácidas, o por reacción de los compuestos de carácter básico con el CO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> de la atmosfera. Una característica de este proceso es la existencia de un “frente” de avance del proceso que separa las dos zonas con pH muy diferente, una con pH mayor a 12,5 y la otra con pH menor a 8. Este frente se puede visualizar mediante un indicador apropiado como es la fenolftaleína, que se torna incolora en la zona carbonatada y toma un color rojo-purpura en la que permanece alcalina.

**Determinación de Presencia de Carbonatación Mediante Reactivos.** La fenolftaleína es un indicador colorimétrico de pH, el cual varía de un color fucsia a incoloro, dependiendo del pH del elemento sobre el cual se aplica. La manera más fácil de detectar la carbonatación en una estructura es romper un pedazo de concreto (preferentemente de un borde), o extraer un testigo normalizado donde se sospeche que hay carbonatación. Después de soplar todo el polvo residual del espécimen o del sustrato, se pulveriza una solución de 1% de fenolftaleína en alcohol de 70° sobre el hormigón. Las áreas carbonatadas del concreto (pH menor a 9) no cambiarán de color, mientras que las áreas con un pH mayor que 9 adquirirán un color fucsia intenso. Este cambio muy apreciable de color muestra cuán profundamente ha progresado el “frente” de carbonatación dentro del concreto.

Este procedimiento también se realiza para evaluar el contenido de hidróxido de calcio que está presente en el cemento, factor determinante para estimar cualitativamente la calidad del

material existente en la estructura y su interacción con el medio ambiente.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos realizados en las figuras No 45,46,47,48,49,50 y 51.

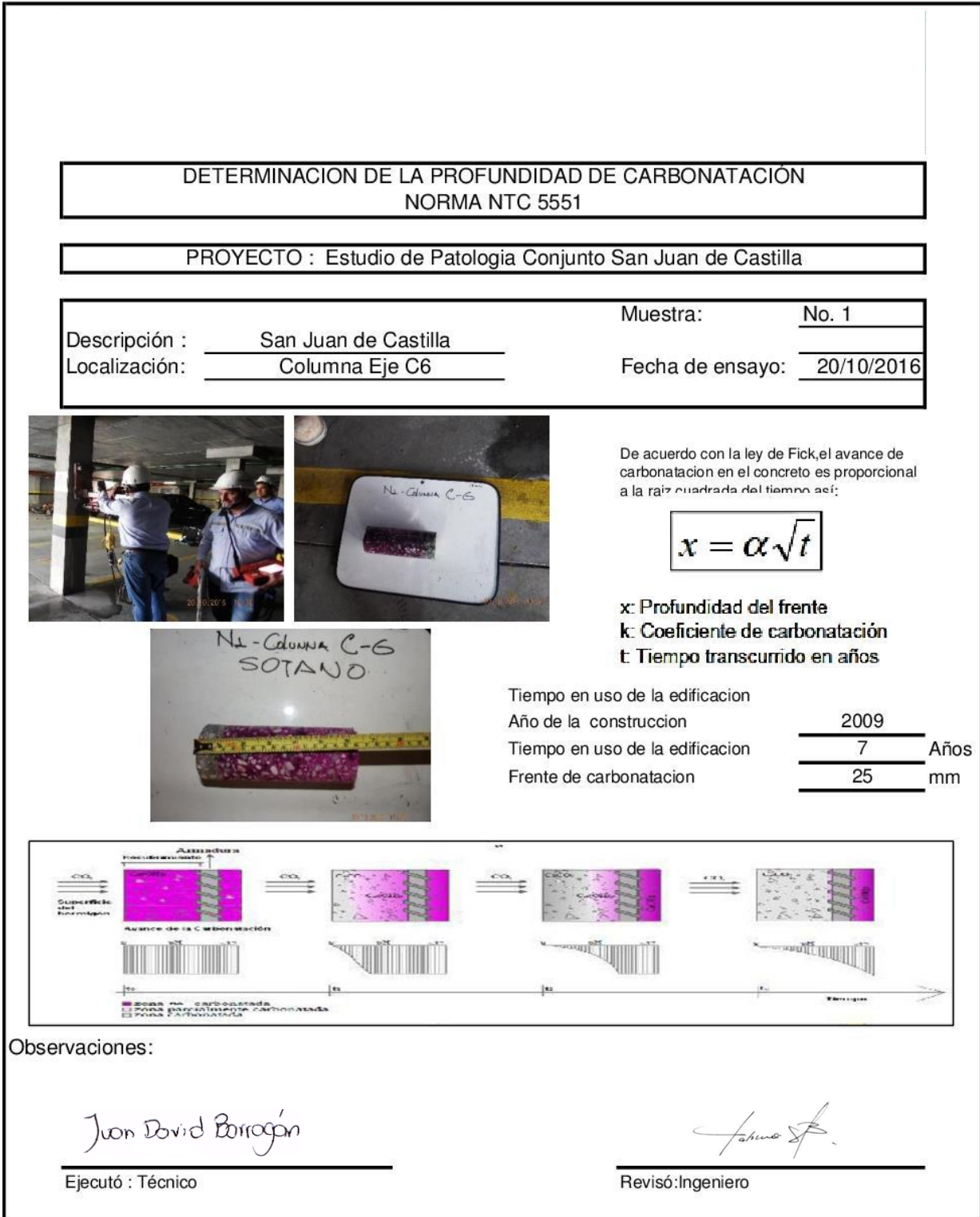




Figura 45. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

**DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN**  
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Conjunto San Juan de Castilla

Descripción : <u>San Juan de Castilla</u>	Muestra: <u>No. 2</u>
Localización: <u>Columna Eje E1</u>	Fecha de ensayo: <u>20/10/2016</u>





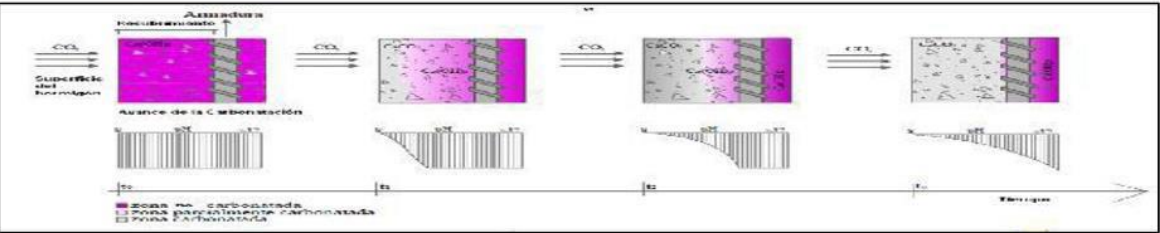
De acuerdo con la ley de Fick, el avance de carbonatación en el concreto es proporcional a la raíz cuadrada del tiempo así:

$x = \alpha \sqrt{t}$

**x:** Profundidad del frente  
**k:** Coeficiente de carbonatación  
**t:** Tiempo transcurrido en años

Tiempo en uso de la edificación	2009	
Año de la construcción	7	Años
Tiempo en uso de la edificación	30	mm
Frente de carbonatación		





Observaciones:

*Juan David Borroján*

---

Ejecutó : Técnico

*José S.F.*

---

Revisó: Ingeniero

Figura 46. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

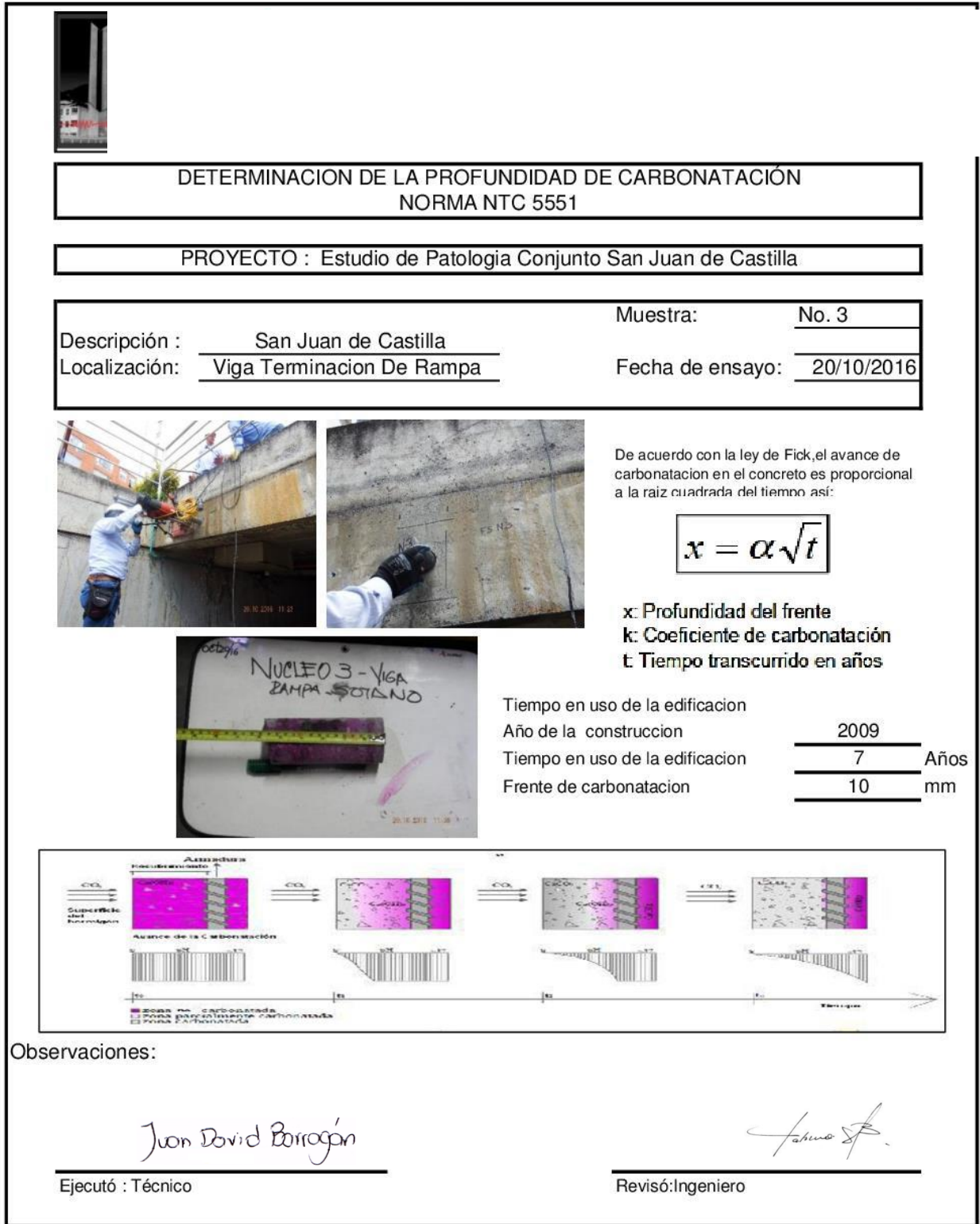




Figura 47. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

DETERMINACION DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN  
NORMA NTC 5551

PROYECTO : Estudio de Patologia Conjunto San Juan de Castilla

Descripción : <u>San Juan de Castilla</u>	Muestra: <u>No. 4</u>	
Localización: <u>Muro de Contencion (Norte) Ejes C - D</u>	Fecha de ensayo: <u>20/10/2016</u>	






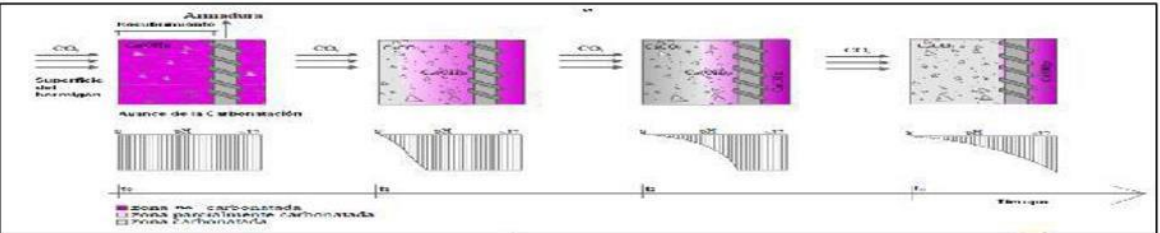
De acuerdo con la ley de Fick, el avance de carbonatación en el concreto es proporcional a la raíz c

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

**x:** Profundidad del frente  
**k:** Coeficiente de carbonatación  
**t:** Tiempo transcurrido en años



Tiempo en uso de la edificación	2009	
Año de la construcción	7	Años
Tiempo en uso de la edificación	20	Años
Frente de carbonatacion	20	mm



Observaciones:

*Juan David Borrojo*

---

Ejecutó : Técnico

*Juan David Borrojo*

---

Revisó: Ingeniero

Figura 48. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

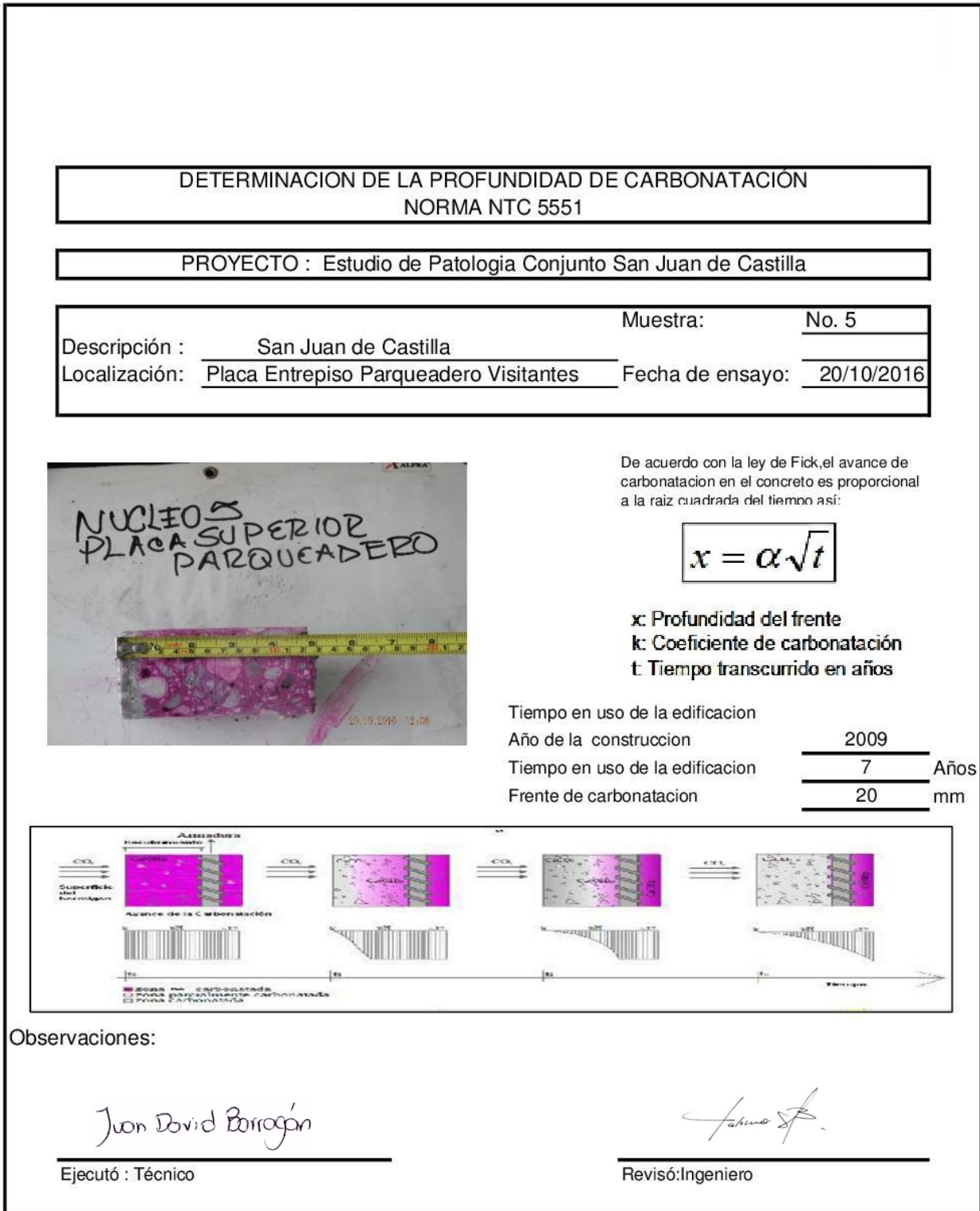


Figura 49. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

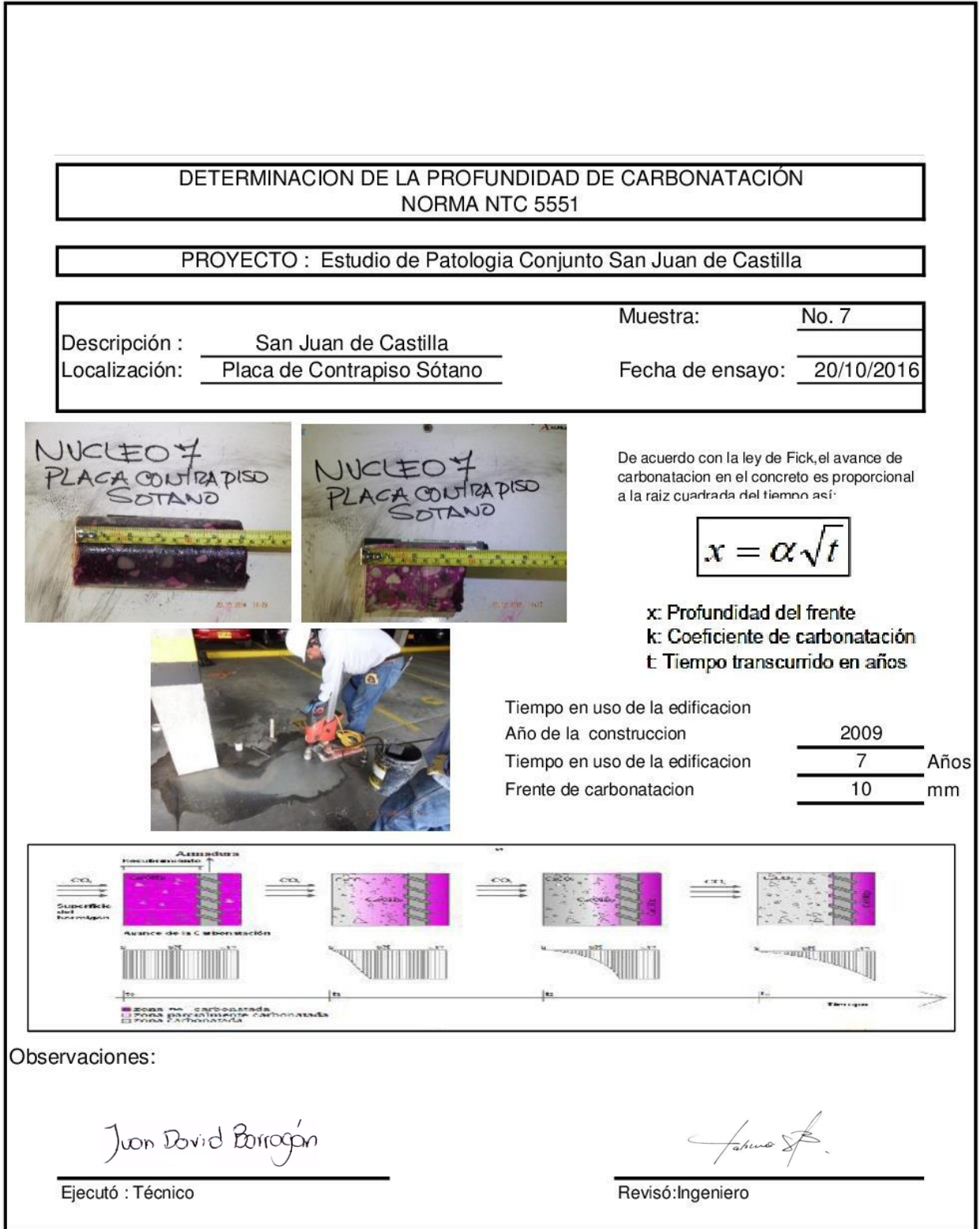


Figura 50. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

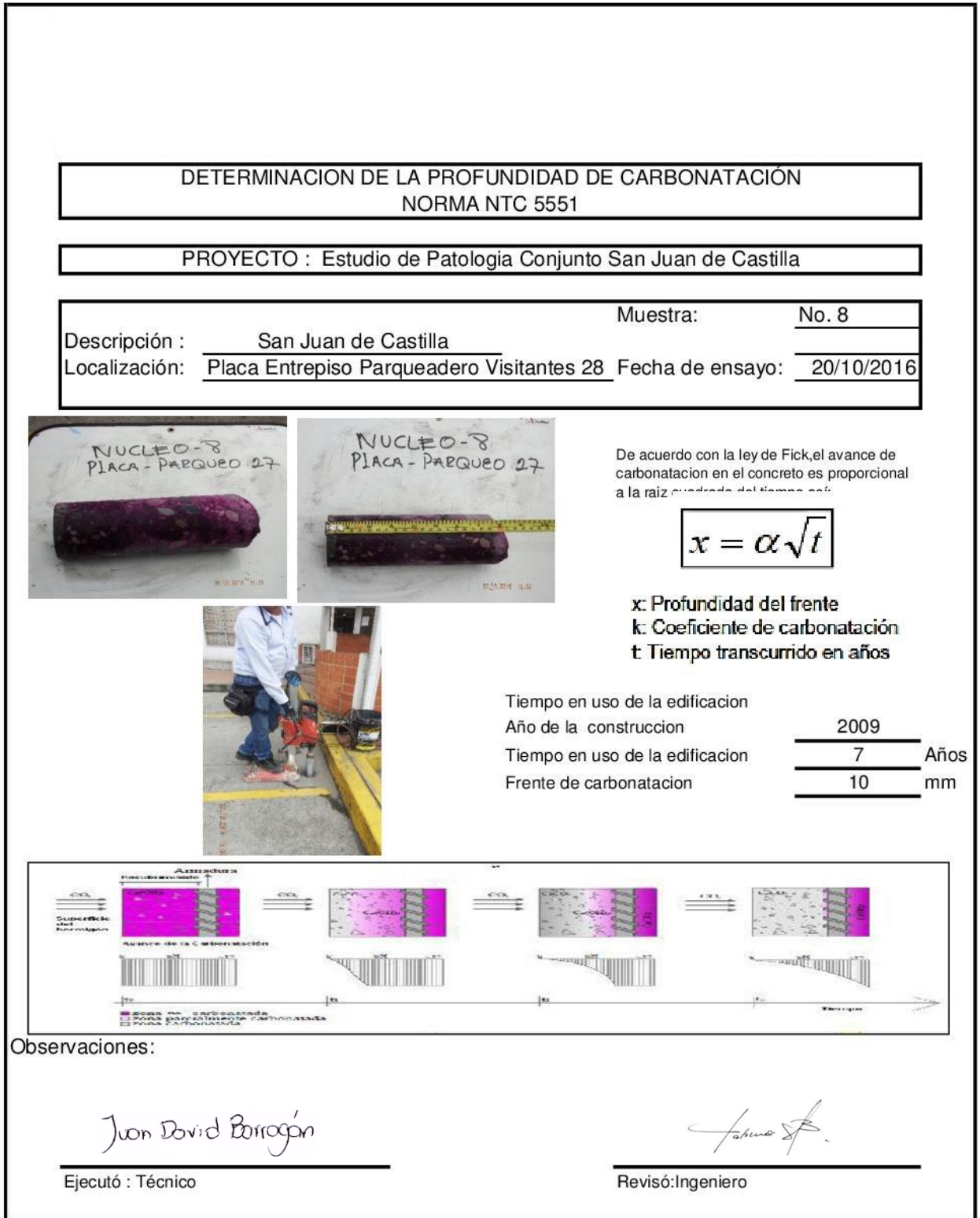


Figura 51. Ensayo para Determinar de la Profundidad de Carbonatación.

Tabla 15

*Resultados Frentes de Carbonatación, Sótano NTC 5551, A.2.4.*

---

Carbonatación (Perdida de Ph).

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Frente de Carbonatación (mm)</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
No 1	Columna Eje C6	25	CARBONATADO
No 2	Columna Eje E1	30	CARBONATADO
No 3	Viga Terminación De Rampa	10	ACEPTABLE
No 4	Muro de Contención (Norte) Ejes C - D	20	CARBONATADO
No 5	Placa Entrepiso Parqueadero Visitantes	20	CARBONATADO
No 7	Placa de Contrapiso Sótano	10	ACEPTABLE
No 8	Placa Entrepiso Parqueadero Visitantes 28	10	ACEPTABLE

---

*Nota.* Tomado de ensayos. Consolidado de la Información.

### **Diagnóstico Conclusivo en Fase de Investigación Preliminar para Determinar las Causas de los Procesos Patológicos**

Mediante el análisis sistemático de la información recopilada, la observación en campo, las condiciones de servicio, los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio contrastados con las especificaciones de diseño para el proyecto, aprobados por la entidad competente de la época, se obtuvo el diagnóstico conclusivo en fase de investigación preliminar. Este da cuenta de las causas que generan los procesos patológicos y establece unas propuestas de mantenimiento preventivo, correctivo y justifica la necesidad de realzar una rehabilitación que permita garantizar la estabilidad de la edificación durante su vida de servicio residual.

### **Revisión de la Documentación e Información Recopilada**

Se realizó una revisión de la información existente, suministrada por la Administración del Conjunto Residencial; de la edificación correspondiente al diseño de la obra. Fuentes de información que permitieron contextualizar el proyecto constructivo y contrastar la información recopilada con lo construido en la obra existente. A continuación, se relacionan los hallazgos:

Se realizó la verificación de las secciones de las columnas y vigas en sector de sótano para establecer la concordancia de lo construido con lo diseñado para el proyecto estructural, aprobado por la licencia de construcción No Lc 0740172 de 17 de febrero del 2007.

### **Calidad de los Materiales en Zona de Sótano**

El buen o mal comportamiento de una edificación en concreto reforzado guarda relación directa con las propiedades mecánicas del material, traducido en la resistencia a la compresión del concreto.

La densidad global de los materiales determina las propiedades físico-mecánicas, tales como resistencia a la compresión y conductividad térmica.

Se realiza una interpretación de los resultados de los ensayos no destructivos y los obtenidos en laboratorio, presentando una concordancia frente a la baja densidad del material en los diferentes elementos estructurales que afecta la resistencia y la durabilidad del concreto. Esto significa que un concreto más denso es más impermeable al agua y la durabilidad del concreto se aumenta con la resistencia.

A continuación, se relacionan los diferentes resultados obtenidos de cada uno de los ensayos realizados a diferentes elementos del Caso de Estudio.

Los procesos patológicos presentes en los diferentes elementos del sótano del Paciente dan cuenta de diferentes tipos de lesión, principalmente de carácter físicas 50%, químicas 27%,

mecánica 18% y antropogénicas 5%, manifestaciones externas con características que permiten deducir la naturaleza, el origen y los mecanismos de los fenómenos involucrados. Es así como se consideran causas directas e indirectas en el origen dichas afectaciones.

En la TABLA C.4-4 de La NSR-98, Requisitos para Concreto Expuesto a Soluciones que Contienen Sulfatos, al grado de exposición del concreto (Severa), recomienda una resistencia de 32 Mpa que garantiza la durabilidad de las estructuras de concreto presforzado. En relación con lo anterior se encontraron valores promedio de 27,37 Mpa (Resistencia a la Compresión sobre Núcleos de Concreto – Asocreto).

Como resultado de los ensayos no destructivos en las estructuras correspondientes al área del sótano, se obtuvo lo siguiente:

La Carbonatación se origina por la reacción del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) contenido en la atmósfera y que al penetrar en el concreto poroso encuentra el hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) contenido en el concreto, se disminuye el PH y la película protectora en el acero de refuerzo. Se encontraron frentes de carbonatación hasta de 30 mm.

Las sustancias químicas agresivas en el concreto y agregados como el aluminato tricálcico del cemento, producen expansiones que fisuran la matriz del concreto y los ácidos reaccionan con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Al degradarse el cemento deja de funcionar como aglomerante dejando libre los áridos causados por ataques químicos. Los resultados de laboratorio identifican valores de alta concentración de sulfatos en 0,840% por masa de concreto, de acuerdo con la NSR-98 en la Tabla C.4-4 Requisitos para Concreto Expuesto a Soluciones que Contienen Sulfatos, el grado de exposición del concreto encontrado es “Severa”.

De los resultados obtenidos en los ensayos destructivos y no destructivos se deduce un material de alta porosidad que se evidencia al ser contrastado con las imágenes de microscopia y

un material de regular a baja calidad como lo indican los ensayos de ultrasonido en lecturas promedio de 2938,22 m/s.

El buen o mal comportamiento de una construcción en concreto reforzado guarda relación directa con las propiedades mecánicas del material.

En los planos de diseño estructural los especificadores para los elementos indican un concreto con resistencia de 21 Mpa; para todas las columnas y muros de contención y 28 Mpa; para placa y vigas. De acuerdo con la norma colombiana NSR-98 se recomienda para este tipo de estructuras una resistencia de 32 Mpa.

Los valores de resistencia encontrados en los núcleos de concreto extraídos para el área del sótano arrojaron resultados en laboratorio que fueron contrastados con la calibración de los ensayos de ultrasonido y esclerómetro. Es así como en promedio se encontraron valores comprendidos entre 24 y 27 Mpa.

La densidad de los materiales determina las propiedades físico-mecánicas del concreto, se comprobó la densidad en laboratorio de Asocreto, encontrando parámetros diferentes que oscilan en los rangos entre 2169,9 a 2396,4 Kg/cm<sup>3</sup>. Los estándares de calidad para un concreto bien compactado de áridos normales debe oscilar entre 2300- 2500 kg/m<sup>3</sup>, variable importante en términos de durabilidad. Lo que indica una baja compacidad del material analizado, haciéndolo vulnerable al ataque de sustancias perjudiciales.

Los ensayos de Ferroskan realizados de manera aleatoria en elementos estructurales del área del sótano permitieron detectar el refuerzo horizontal, vertical y el recubrimiento de las varillas. Se realiza la concordancia con los diseños estructurales iniciales encontrando variaciones en los recubrimientos y en las cuantías de refuerzo longitudinal y transversal.

### Placa de Entrepiso del Sótano Postensada con Torones

El concreto es un material muy bueno para soportar esfuerzos de compresión, pero no muy bueno cuando se les somete a fuerzas de tensión, ya que su resistencia a fuerzas de tensión es aproximadamente una décima parte de su resistencia a fuerzas de compresión. Es por ello por lo que se le adicionan cables de alta resistencia y / o barras de acero, las cuales son las encargadas de soportar las fuerzas de tensión principalmente, y le dan al concreto la capacidad de deformarse bajo cualquier carga impuesta (ductilidad). Cuando la fuerza de tensión aplicada a un elemento de concreto reforzado supera su resistencia a tensión, aparecen las fisuras. Ver la Figura 52.

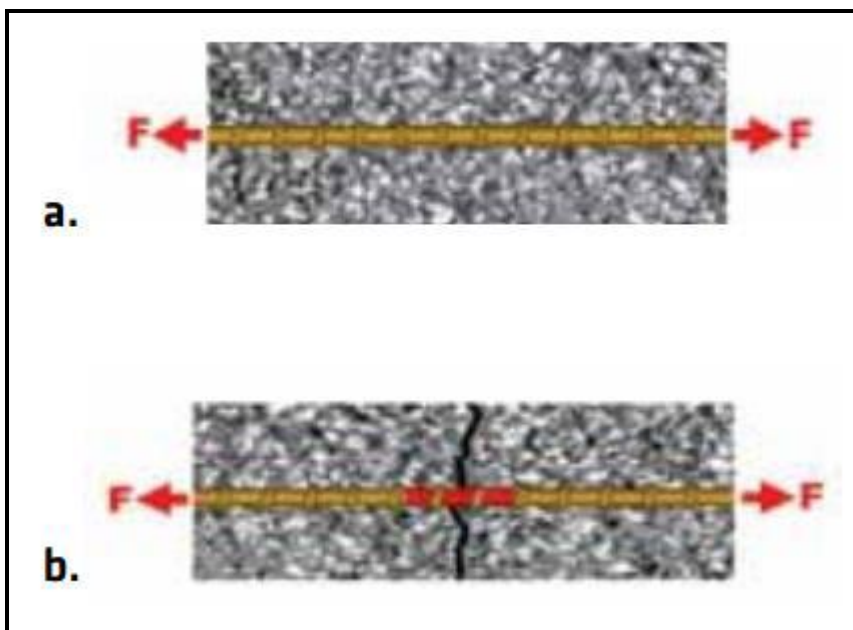


Figura 52. a. Fuerza de Tensión Aplicada a un Elemento de Concreto Reforzado.

b. Si la Fuerza de Tensión  $F$  Supera a la Resistencia a Tensión del Concreto Reforzado, éste se Fisura.

Acorde a lo anteriormente enunciado y estableciendo relación directa con el caso en estudio (placa de entrepiso del sótano), se puede tener un indicio de las recurrentes fisuras en

toda la placa, las cuales se han venido exponiendo a lo largo del documento por medio de registro fotográfico.

Este sobreesfuerzo por tensión se da por situaciones como deficiencias en el diseño estructural o por prácticas indebidas de procesos constructivos, por las siguientes razones:

Deficiencias en el proceso de corte de la placa.

Cambio de uso de la estructura.

Corrosión del acero de refuerzo.

Porcentaje de alargamiento del acero de refuerzo.

Esfuerzos excesivos de tracción y compresión al hormigón por la aplicación de cargas no contempladas en el diseño estructural.

Aunque los planos de construcción presentados por Oteco Construcciones e Ingeniería Ltda. indican detalles en el trazado de los torones en sentido X y Y, se pone en entredicho el cumplimiento de las siguientes especificaciones estipuladas por el diseño, como son: la altura del cable medida desde la parte inferior de la placa, fuerza efectiva en el torón, especificaciones de postensado, detalle de refuerzo en extremos de cables aislados y en grupo, detalles de juntas de construcción, la elongación total esperada en el torón cuando se aplica la carga en gato indicada, ya que se pudo evidenciar la baja calidad del material y sus propiedades. Lo cual ha generado lesiones de tipo mecánico en sentido horizontal y vertical a los cables de postencionamiento en la placa superior y de parqueos, concluyendo en que la baja resistencia del concreto de la placa produzca un colapso inminente de la misma.

### **Consolidado de Resultados a Través de Metodologías Destructivas y no Destructivas**

De acuerdo con el análisis de los resultados y especificaciones obtenido del estudio de Patología en la zona del sótano, se relaciona la consolidación de los ensayos acorde con las

siguientes tablas:

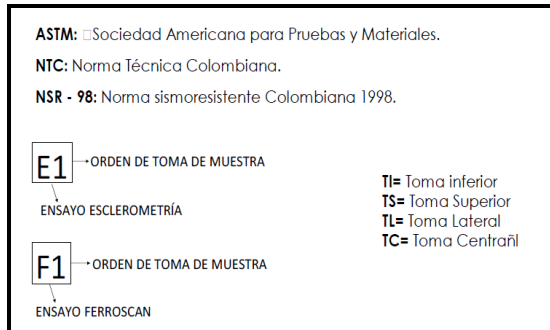


Figura 53. Convenciones Consolidado de Ensayos.







0	sin daño o daño insignificante	
1	daño pequeño pero no se requiere reparación	
2	existe daño, el componente funciona como se diseñó	
3	daño significativo, requiere pronta reparación	
4	daño grave se necesita inmediata reparación	
5	daño extremo, falla total o riesgo de falla total del componente	

Figura 54. Clasificación de Nivel de Daño.

Tabla 16

*Ensayo de Ferroskan Sótano*

Ferroskan (Localización Acero de Refuerzo/Diseño)					Comparativo con Planos de Diseño		NSR-98 C.7.7- Protección de Concreto para el Refuerzo
Ubicación	Localización	Refuerzo Longitudinal Ø"	Refuerzo Transversal Ø"	Recubrimiento (mm)	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal	Criterios de Aceptación y Rechazo
F-1	Columna Eje C6 TC Entre 175-176	5/8	3/8	27	CUMPLE	CUMPLE	
F-2	Columna C6 TC	5/8	3/8	37	CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
F-3	Columna entre parqueaderos 119- 120 Eje E1 TC	5/8	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	
F-4	Columna Eje C6 TC	5/8	3/8	30	CUMPLE	CUMPLE	
F-5	Viga terminación rampa – acceso Sótano TL	5/8	3/8	63	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-6	Viga terminación rampa – acceso Sótano TI	5/8	3/8	17	CUMPLE	CUMPLE	
F-7	Capitel Eje B3 TL	5/8	3/8	51	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-8	Capitel Eje B3 TL	5/8	3/8	25	NO CUMPLE	CUMPLE	
F-9	Muro de contención Norte TC	3/8 1/2	3/8	70	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
F-23	Muro Norte (Parqueadero) TC	3/8 1/2	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	
F-24	Muro parqueadero de motos N 10 TS	3/8 1/2	3/8	39	CUMPLE	CUMPLE	
F-25	Placa Parqueadero de visitantes (N8) TS	1/2	3/8	37	CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE
F-10	Placa Parqueadero 40 TS				NO DETERMINADOS		
F-10	Placa Parqueaderos 69 y 40 TS				NO DETERMINADOS		
F-22	Placa de Sótano Parqueadero 173 TS	3/8	3/8	48	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE

*Nota.* Tomado de Ensayos de Ferroskan. Consolidado de la Información.

Tabla 17

Ensayo de Esclerometría Sótano NTC 3692, ASTM C805-18

Esclerometría (Dureza superficial*).					
<u>Ubicación</u>	<u>Localización</u>	<u>Promedio</u> <u>Lecturas Rebote</u>	<u>Resistencia</u> <u>Estimada</u> <u>(Mpa)</u>	<u>Comparativo con</u> <u>Planos de Diseño</u> <u>(Mpa)</u>	<u>Criterio de</u> <u>Calificación</u>
E-1	Columna B-3	38,00	28,93	21	Cumple
E-2	Columna E-2	38,00	28,93	21	Cumple
E-3	Columna E-3	38,20	28,93	21	Cumple
E-4	Columna C-6	39,20	29,61	21	Cumple
E-5	Columna E-1	39,40	29,15	21	Cumple
E-6	Muro Norte sótano entre Ejes C y D	40,00	29,51	21	Cumple
E-7	Muro Norte sótano entre Ejes A y B	37,20	28,09	21	Cumple
E-8	Núcleo No 1 columna Eje C-6	16,00	11,37	21	No Cumple
E-9	Núcleo No 2 columna Eje E-1	17,80	12,18	21	No Cumple
E-10	Núcleo No 3 Viga terminación de Rampa	18,80	15,38	28	No Cumple
E-11	Núcleo No 4 muro de contención (Norte)entre Ejes C y D	17,40	12,33	21	No Cumple
E-12	Núcleo No 7 Placa de contrapiso sótano (TS)	19,80	16,19	28	No Cumple
E-13	Núcleo No 7 Placa de contrapiso sótano (TI)	17,20	14,66	28	No Cumple
E-14	Núcleo No 8 Placa de entrapiso parqueadero de visitantes 28	17,80	14,31	28	No Cumple

Nota. Tomado de Tablas Resumen de Datos. Consolidado de la Información. \*El Ensayo de Esclerometría

Determina el Grado de Dureza Superficial, con la Carbonatación este Valor Aumenta, por lo que se debe Multiplicar por un Factor de Corrección.

Tabla 18

*Ensayo de Ultrasonido Sótano. ASTM C 597-16*

Ultrasonido (Calidad del Concreto)			
<u>ID. Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Velocidad de Onda (m/s)</u>	<u>Tiempo (µs)</u>
Núcleo N°1	Columna Eje C 6	2645,00	36,30
Núcleo N°2	Columna Eje E 1	2462,00	39,00
Núcleo N°3	Viga terminación de rampa	3299,00	29,10
Núcleo N°4	Muro de contención (Norte) entre Ejes C-D	2768,00	28,90
Núcleo N°5	Placa de entre pisos parqueadero de visitantes	3150,00	25,40
Núcleo N°7 TS	Placa de contrapiso sótano	3042,00	26,30
Núcleo N°7 TI	Placa de contrapiso sótano	3504,00	27,40
Núcleo N°8	Placa entrepiso parqueadero de visitantes 28	3067,00	31,10
U-1	Columna C6	2765,00	86,80
U-2	Columna D4	2612,67	91,87
U-3	Columna E3	2502,33	95,93
U-4	Columna E2	2592,00	92,60
U-5	Columna B3	2765,00	86,80
U-6	Muro Norte sótano Ejes C y D	3774,00	27,43
U-7	Muro Norte sótano Ejes A y B	3105,33	39,30

*Nota.* Tomado de Tablas Resumen de Datos. Consolidado de la Información.

Tabla 19

*Correlación entre Resistencia a la Compresión (ASOCRETO) e Índice Esclerométrico Sótano.*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Elemento</u>	<u>Resistencia a la Compresión ASOCRETO (Mpa)</u>	<u>Índice Esclerométrico</u>	<u>Factor de Correlación K</u>	<u>Promedio K</u>	<u>Resistencia Corregida (Mpa)</u>	<u>Comparativo con planos de Diseño (Mpa)</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N°1	Columna Eje C6	14,9	16,00	1,07	0,75	21,44	21	Cumple
N°2	Columna EjeE1	27,1	18,00	0,66	0,75	24,12	21	Cumple
N°3	Viga terminación de rampa	48,8	19,33	0,40	0,75	25,90	28	No Cumple
N°4	Muro de contención (Norte) entre Ejes C-D	23,8	16,75	0,70	0,75	22,44	21	Cumple
N°7	Placa de contrapiso sótano (TS)	26,1	20,00	0,77	0,75	26,80	28	No Cumple
N°8	Placa de entrepiso parqueadero visitante 28	20,6	18,00	0,87	0,75	24,12	28	No Cumple
Promedio		26,88	18,01	0,75		24,14		

*Nota.* Tomado de Tablas Ensayos. Consolidado de la información.

Tabla 20

*Ensayo de Carbonatación. NTC 5551. A.2.4.*

Carbonatación (pérdida de Ph).

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Frente de Carbonatación (mm)</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N° 1	Columna Eje C 6	25	Carbonatado
N° 2	Columna Eje E 1	30	Carbonatado
N° 3	Viga terminación de Rampa	10	Aceptable
N° 4	Muro de contención (Norte) Ejes C - D	20	Carbonatado
N° 5	Placa de entrepiso parqueadero de visitantes	20	Carbonatado
N° 7	Placa de contrapiso Sótano	10	Aceptable
N° 8	Placa de entrepiso parqueadero de visitantes 28	10	Aceptable

*Nota.* Tomado de Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 21

*Correlación Entre Resistencia a la Compresión y Velocidad de Pulso Sótano.*

Correlación entre Resistencia a la Compresión (ASOCRETO) y Velocidad de Pulso Sótano.								
<u>ID</u> <u>Núcleo</u>	<u>Elemento</u>	<u>Resistencia a</u> <u>la Compresión</u> <u>(Mpa)</u>	<u>Velocidad</u> <u>de Pulso</u> <u>(m/s)</u>	<u>Factor de</u> <u>Correlación</u> <u>K</u>	<u>K</u> <u>Promedio</u>	<u>Resistencia</u> <u>Corregida</u>	<u>Comparativo con</u> <u>Plano de Diseño</u> <u>(Mpa)</u>	<u>Criterio de</u> <u>Calificación</u>
Nº 1	Columna Eje C 6	14,9	2645,00	177,52	112,07	23,60	21	Cumple
Nº 2	Columna Eje E1	27,1	2462,00	90,85	112,07	21,97	21	Cumple
Nº 3	Viga terminación de rampa	48,8	3299,00	67,60	112,07	29,44	28	Cumple
Nº 4	Muro contención Norte	23,8	2160,00	90,76	112,07	19,27	21	No Cumple
Nº 5	Placa entrepiso parqueadero visitantes	30,3	2768,00	91,35	112,07	24,70	28	No Cumple
Nº 7	Placa contrapiso sótano	26,1	3042,00	116,55	112,07	27,14	28	No Cumple
Nº 8	Placa entrepiso parqueadero Visitantes 28	20,6	3087,00	149,85	112,07	27,55	28	No Cumple
Promedio		27,37	2780,43	112,07		24,81		

*Nota.* Tomado de los Ensayos. Consolidado de la Información. El Ensayo de Ultrasonido Determino una Condición del Material Regular a Baja Calidad, como lo Indican las Lecturas Desde 2160 a 3774 m/s.

Tabla 22

*Contenido de Cemento. NTC 3726*

<u>Ubicación</u>	<u>Localización</u>	<u>(% Por Masa de Concreto)</u>	<u>Observaciones</u>
Núcleo Nº 1	Columna Eje C 6	16,40 %	Los porcentajes obtenidos de relación A/C. guarda relación directa entre el Módulo de
Núcleo Nº 3	Viga terminación de rampa	20,30 %	Elasticidad y la resistencia del concreto

*Nota.* Tomado de los ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 23

*Microscopía. Apéndice XI de ASTM C856-04 y ASTM C 457-16*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Observaciones</u>
Núcleo N° 1	Sótano – Columna Eje C-6	La degradación generada por la presencia de sulfatos es causada por el contenido de aluminato tricálcico del cemento, se genera una reacción química, creando fuertes presiones internas en el poro de concreto a causa de su aumento de volumen. Generando tensiones que se traducen en fisuras en la matriz del concreto.
Núcleo N° 2	Sótano – Columna Eje C-1	Las tensiones que genera la presencia de los sulfatos se evidencian en fisuras y expansiones en la matriz del concreto haciéndolo susceptible al ingreso del Co <sub>2</sub> , y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo que con el tiempo produce corrosión.
Núcleo N° 3	Sótano – Viga Terminación de Rampa Eje 7 (A-B)	La degradación generada por la presencia de sulfatos es causada por el contenido de aluminato tricálcico del cemento, se genera una reacción química, creando fuertes presiones internas en el poro de concreto a causa de su aumento de volumen. Generando tensiones que se traducen en fisuras en la matriz del concreto y presencia de geles.
Núcleo N° 4	Sótano – Muro de Contención Norte	Las tensiones que genera la presencia de los sulfatos se evidencian en fisuras y expansiones, red porosa en la matriz del concreto haciéndolo susceptible al ingreso del Co <sub>2</sub> , y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo.
Núcleo N° 5	Sótano – Placa de entrepiso Parqueaderos de Visitantes	Las tensiones que genera la reacción mecánica ante la presencia sulfatos se evidencia en fisuras y expansiones en la matriz del concreto haciéndolo susceptible al ingreso del Co <sub>2</sub> , y reduce la capa pasivadora del acero de refuerzo.
Núcleo N° 7	Sótano – Placa de Contrapiso Torta Superior y Torta Inferior	Se evidencia expansión y fisuras por acción mecánica en la matriz del concreto por reacción de los sulfatos, afecta la capa protectora del acero de refuerzo.
Núcleo N° 8	Sótano – Placa de Entrepiso Parqueadero de Visitantes	Se observa porosidad en el concreto, es una característica que afecta la resistencia a la compresión y la durabilidad. Indispensable en la vida útil de la estructura.

*Nota.* Tomado de los Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 24

*Resistencia a la Compresión Sobre Núcleos de Concreto. NTC 673*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Área Transversal (mm<sup>2</sup>)</u>	<u>Carga (KN)</u>	<u>Resistencia de Rotura (Mpa)</u>	<u>Comparativos con Planos de Diseño (Mpa)</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N° 1	Columna Eje C6	3191,9	47,50	14,9	21	No cumple
N° 2	Columna Eje E1	3176,9	86,20	27,1	21	Cumple
N° 3	Viga terminación de rampa	3186,9	155,4	48,8	28	Cumple
N° 4	Muro contención Norte	3191,9	78,00	23,8	21	Cumple
N° 5	Placa entrepiso parqueadero de visitantes	3166,9	97,80	30,3	28	Cumple
N° 7	Placa contrapiso Sótano	3191,9	83,30	26,0	28	No Cumple
N° 8	Placa entrepiso parqueadero de visitantes 28	3176,9	65,40	20,6	28	No Cumple

*Nota.* Tomado de los Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 25

*Contenido de Sulfato. Tabla C.4-4, NSR-98*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Sulfatos solubles en agua (SO<sub>4</sub>) en el suelo, % en peso</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N° 7	Placa contrapiso Sótano	0,840 %	Ataque severo para el concreto (0,2% ≤SO <sub>4</sub> ≤2%)

*Nota.* Tomado de los Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 26

*Inspección Termográfica. ISO 9712:2005, ISO 18436-1:2012, ISO 18434-1:2008*

<u>Ubicación</u>	<u>Localización</u>	<u>Observaciones</u>
T-1	Pared parqueadero 132	Se aprecia una filtración puntual en el costado inferior derecho, en la cual se observa presencia de material ferroso. por lo demás no se evidencian humedades en la pared.
T-2	Pared parqueadero 131-130	No se evidencian humedades en la pared.
T-3	Pared parqueadero 123	No se evidencian humedades en la pared.
T-4	Pared parqueadero 124	No se evidencian humedades en la pared.
T-5	Pared parqueadero 121-120	No se evidencian humedades en la pared.
T-6	Pared parqueadero 126	No se evidencian humedades en la pared.
T-7	Pared parqueadero 118-117	No se evidencian humedades en la pared.
T-8	Pared parqueadero 115-114	No se evidencian humedades en la pared.
T-9	Pared parqueadero 123	No se evidencian humedades en la pared.
T-10	Pared parqueadero motos 11-13	No se evidencian humedades en la pared.
T-11	Techo entre parqueaderos106-107	No se evidencian humedades en el techo.
T-12	Techo parqueadero 107	No se evidencian humedades en el techo.
T-13	Techo entre parqueaderos106-107	No se evidencian humedades en el techo.
T-14	Techo parqueadero 113	No se evidencian humedades en el techo.
T-15	Techo parqueadero 114	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.
T-16	Techo entre parqueaderos114-149	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.
T-17	Techo parqueadero 147 en diagonal	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.
T-18	Techo arriba parqueadero 147	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.
T-19	Techo parqueaderos 118 y 119	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.
T-20	Techo arriba parqueaderos 141 y 142	No se evidencian humedades en el techo. las diferencias en las distribuciones de temperatura están directamente relacionadas con la exposición y tiempo de exposición al calentamiento solar.

*Nota.* Tomado de Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 27

*Módulo de Elasticidad de Concreto Hidráulico. ACI 318 (19.2.2.1b)*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>(Mpa)</u>	<u><math>E_c = 4700\sqrt{f'c}</math></u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N° 2	Columna Eje E 1	40585,4	21538	Cumple
N° 8	Placa entre piso parqueadero de visitantes 28	23455,9	24870	No Cumple

*Nota.* Tomado de Ensayos. Consolidado de la Información.

Tabla 28

*Densidad del Concreto. ACI 318S (P.37)*

<u>ID Núcleo</u>	<u>Localización</u>	<u>Densidad (Kg/cm<sup>3</sup>)</u>	<u>Criterio de Calificación</u>
N° 1	Columna Eje C 6	2304,9	No Cumple
N° 2	Columna Eje E 1	2169,9	No Cumple
N° 3	Viga terminación de rampa	2341,0	No Cumple
N° 4	Muro contención Norte	2364,2	No Cumple
N° 5	Placa entrepiso parqueadero visitantes	2377,1	No Cumple
N°7	Placa contrapiso sótano	2396,4	No Cumple
N°8	Placa entrepiso parqueadero Visitantes 28	2391,5	No Cumple

*Nota:* Tomado de Ensayos. Consolidado de la información. Los estándares de calidad para un concreto bien compactado de áridos normales la densidad debe oscilar entre 2300- 2500 kg/m<sup>3</sup>, los ensayos indican que las densidades están fuera de dicho rango.

### Planos de Localización por Tipo de Lesión y sus Causas

La observación de campo soportada en la sistematización del registro fotográfico, con fichas de calificación, permite identificar el tipo de lesión y evaluación cualitativa de la clasificación del nivel de daño por cada componente encontrado en el conjunto San Juan de

Castilla. De esta manera el módulo de inspección principal siempre contiene la más actualizada y más precisa información sobre la condición de Sótano, Área social y apartamentos.

A continuación, se generan planos de calificación del daño en sótano, que comprende la descripción de los componentes y porcentaje de daño a partir del análisis de frecuencia, según aparición y tipo de lesión. Clasificándolo de acuerdo con la lesión y causa plasmadas en convenciones que describen cada daño.

PATOLOGÍAS DIRECTAS CONVENCION - DETERIOROS		PATOLOGÍAS DIRECTAS CONVENCION - DETERIOROS	
TIPO LESIÓN		TIPO LESIÓN	
<b>A FÍSICAS</b>		<b>C QUÍMICAS</b>	
A.1 HUMEDAD ASCENDENTE O DESCENDENTE		C.1 EFLORESCENCIAS: Cristalización en la superficie de sales solubles arrastradas al exterior por el agua que las disuelve; al evaporarse se cristalizan; necesitan el concurso de humedad previa.	
A.2 FILTRACIONES: Cuando el agua proviene del exterior y penetra al interior de la edificación		C.2 OXIDACIÓN Y CORROSIÓN: Pérdida del material en la superficie de elementos metálicos.	
A.3 SUCIEDAD: Depósito de partículas en suspensión sobre la superficie exterior, ennegrecimiento en fachada, formando escurrideros sudos.		C.3 EXFOLIACIONES	
A.4 EROSIÓN: Fachadas: Pérdida de material superficial, en partes bajas y cornisas por efectos de viento y partículas. Pisos: Pérdida de material superficial, por roce y punzonamiento que se ejerce sobre el piso de manera continua.		<b>D ORGANISMOS VIVOS</b>	
A.5 MANCHAS:		D.1 INSECTOS XILÓFAGOS: Afectan la superficie del material, por presencia, ataque o segregación que realicen a la estructura física o química de material. Pueden habitar dentro del material, alimentarse de él, provocando lesiones.	
<b>B MECÁNICAS</b>		D.2 MOHOS Y HONGOS: Producen ataques químicos directos, requieren humedad previa.	
B.1 DEFORMACIONES (ALABEOS Y PANDEOS) Todo cambio en un elemento como consecuencia de un esfuerzo o mecánico durante la ejecución o puesta en carga.		D.3 PLANTAS SUPERFICIALES	
B.2 GRIETAS: Abertura longitudinal incontrolada que afecta su espesor.		D.4 AVES En especial por excremento de aves	
B.3 FISURAS: Abertura que afecta la superficie del pañete.		<b>E ANTROPOGÉNICAS</b>	
B.4 ROTURAS: Desprendimiento o deterioro por vandalismo.		E.1 Alteraciones volumetricas.	
B.5 DESPRENDIMIENTOS: Separación del material con respecto al soporte al que estaba aplicado, afectando el acabado de pintura, los morteros y enchapes.		E.2 Alteraciones espaciales.	
B.6 DESPLOMES: Leves desprendimientos del elemento vertical, por empujes horizontales.		E.3 Carencia de mantenimiento.	
B.7 FALTANTES:		E.4 Diseño inadecuado.	
B.8 COLAPSADO: Destrucción total o parcial con riesgo eminente.		E.5 Reparaciones.	

Figura 55. Convenciones de Lesiones para Localización de Daños.

CONVENCIONES DE CAUSAS	
<b>A FÍSICAS</b>	
<b>A.1 HUMEDADES</b>	
<b>A.1.1. HUMEDADES POR FILTRACIÓN DE AGUAS LLUVIAS:</b>	
Se manifiestan en las caras interiores de los muros de mampostería, por deterioro del sistema existente o inadecuado tratamiento de impermeabilización de los muros o deterioro de la misma por falta de mantenimiento.	
<b>A.1.2. HUMEDAD POR CAPILARIDAD</b>	
Ascenso de aguas sub-superficiales por intersección de la cimentación y de los muros, debido a un inadecuado manejo de aguas de infiltración, o deterioro del sistema existente, o inadecuado tratamiento de impermeabilización de los muros, además del deterioro de la misma por falta de mantenimiento.	
<b>A.1.3 HUMEDADES EN PISO</b>	
Charcos en los pisos construidos sobre terreno debido a un inadecuado tratamiento de la placa de piso que permita evitar el paso de agua o deterioro del existente.	
<b>A.1.4. HUMEDADES POR FACHADA</b>	
Levantamiento y deterioro del acabado en fachada debido a la exposición a la intemperie y falta de impermeabilización de la misma.	
<b>A.1.5. HUMEDADES POR CONDENSACIÓN</b>	
Se dan en recintos cerrados que han permanecido sin ventilación por un tiempo considerable, además del hacinamiento de muebles, sillas, pupitres, archivadores entre otros y se manifiestan con presencia de manchas conformadas por hongos y esporas. Las condiciones de exposición y humedad favorecen el crecimiento de plantas y organismos vivos, además de la retención de agua y el transporte de partículas finas que conforman la suciedad del inmueble.	
<b>A.1.6. HUMEDAD POR DAÑOS</b>	
Este tipo de humedad se genera por los daños en las redes de instalaciones hidráulicas y sanitarias, daños en cubiertas, daños en los muros y en los sistemas de impermeabilización.	
<b>A.2 SUCIEDAD:</b> Depósito de las partículas en suspensión sobre la superficie de los muros, producidas por la simple acción de la gravedad de las partículas en suspensión presentes en la atmósfera	
<b>A.3.</b> Acción Física de Agentes Atmosféricos, como el agua lluvia y el viento.	
<b>A.4 EXPOSICION PERMANENTE A LA INTEMPERIE</b>	
<b>B MECÁNICAS</b>	
<b>B.1.</b> Sobreesfuerzos causados por tracción que generan grietas y/o fisuras (en sentido longitudinal y transversal) en placa de entrepiso en sótano.	
<b>B.2.</b> En la cubierta.	
<b>B.2.1.</b> por rotura de la teja.	
<b>B.2.2.</b> Por humedad y falta de mantenimiento.	
<b>B.3.</b> Fisuras y/o grietas verticales en intersección de muros en mampostería y muros en concreto por falta de anclajes entre estos.	
<b>B.4.</b> En Muros, fisura y/o grietas (en sentido longitudinal, horizontal o diagonal) causada por los desplazamientos horizontales y asentamiento de la torre.	
<b>B.5.</b> En placas de entrepiso, fisura y/o grietas (en sentido longitudinal, horizontal o diagonal) causada por los desplazamientos horizontales y asentamiento de la torre.	
<b>B.5.1.</b> En placa de entrepiso superior.	
<b>B.5.2.</b> En placa de entrepiso inferior.	
<b>B.6.</b> Fisura ocasionada por cambio de material entre muro y muro Drywall o cielo raso.	
<b>B.7.</b> Fisura en vanos de ventanas (en sentido perpendicular y longitudinal a estas) causada por desplazamientos horizontales y baja calidad de mortero.	
<b>B.8. INHERENTE AL ACABADO:</b> Movimientos de dilatación - contracción, especialmente por retracción.	
<b>TIPO CAUSAS</b>	
<b>B.9.</b> Pérdida de adherencia entre el material de acabado (pintura, pañete, estuco, enchape) y el soporte del mismo, producido por humedades, deformaciones o grietas.	
<b>B.11.</b> Para eflorescencias: Filtración de agua lluvia por medio de fisura, que arrastra las sales presentes en el interior del concreto hacia el exterior.	
<b>B.12.</b> Materiales y/o elementos del inmueble que han sido reemplazados mediante intervenciones que se le han hecho al inmueble, sumada a la falta de mantenimiento que afecta a la construcción en general en especial por la demolición de muros divisorios en segundo nivel que aumentan la vulnerabilidad de los muros existentes.	
<b>B.13.</b> Producto de otras lesiones de tipo mecánico como grietas, fisuras y desprendimientos causadas a su vez por lesiones de tipo físico como erosiones, manchas y humedades, las cuales impactaron negativamente las zonas afectadas con la ayuda de agentes atmosféricos y la falta de mantenimiento que presenta la construcción.	
<b>TIPO CAUSAS</b>	
<b>D2.</b> Se encuentran en materiales porosos, en los cuales desprenden sustancias químicas que producen cambios de color, olor y aspecto y a veces incluso erosiones y en hongos que atacan la madera.	
<b>D3.</b> Producen lesiones de tipo físico y mecánico debido a su peso propio y la acción de sus raíces	
<b>D4.</b> Producido por el guano (acumulación de excremento de aves) cuyos componentes sirven de abono, por tanto favorecen la aparición de otros organismos que afectan la superficie del material de muros y carpintería de madera.	
<b>ANTROPOGÉNICAS</b>	
<b>E.1.</b> Falta de mantenimiento: Ausencia de mantenimientos periódicos (pinturas, resane de pañetes, limpieza de muros etc)	
<b>E.2.</b> Baja Calidad del concreto (baja resistencia)	
<b>E.3.</b> Diseño inadecuado	
<b>TIPO CAUSAS</b>	
<b>C QUÍMICAS</b>	
<b>C.1. PARA EFLORESCENCIAS:</b> filtración de agua en la estructura que genera el arrastre de sales desde el interior hasta el exterior de esta.	
<b>TIPO CAUSAS</b>	
<b>D ORGANISMOS VIVOS</b>	
<b>D1.</b> Afectan la superficie del material, por presencia, ataque o segregación que realicen a la estructura física o química de material. Pueden habitar dentro del material, alimentarse de él, provocando lesiones.	

Figura 56. Convenciones para Causas Localización de Daños.

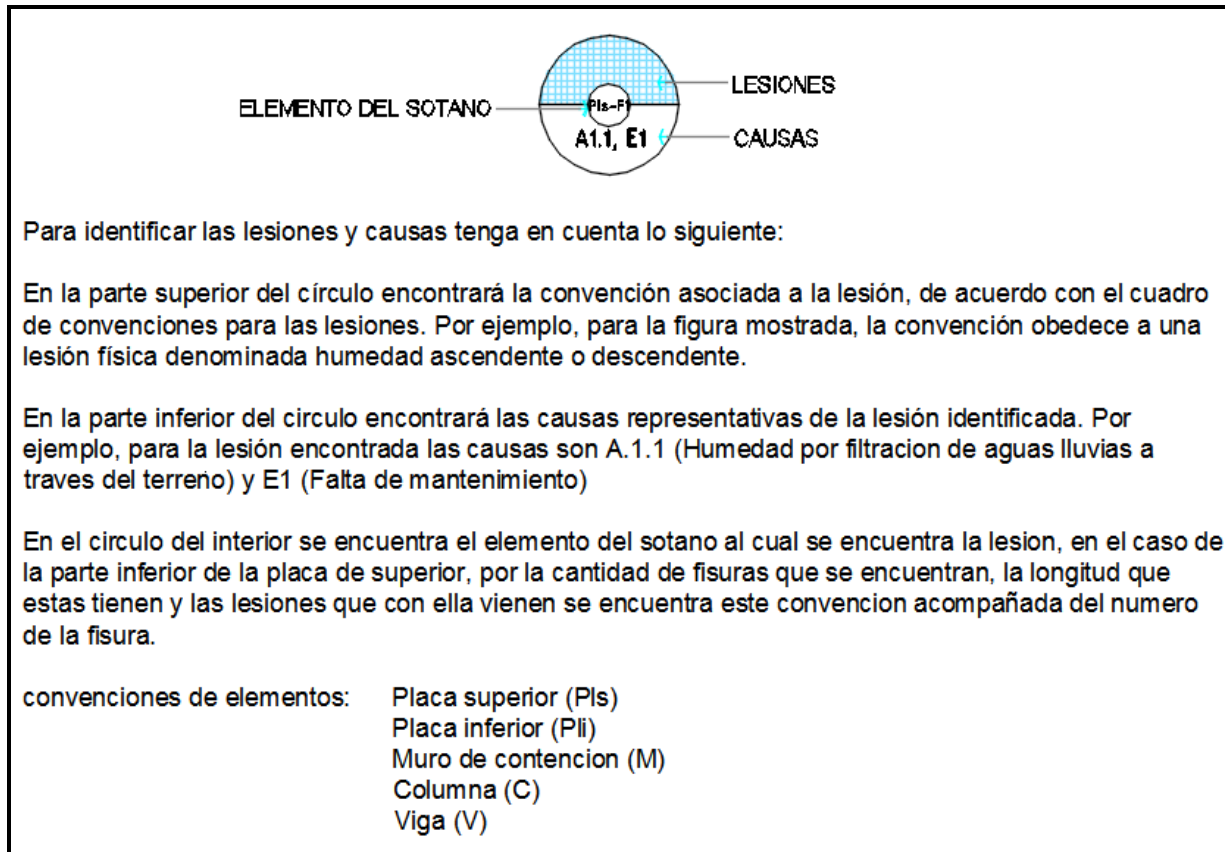


Figura 57. Instrucciones para la Lectura de Convenciones.

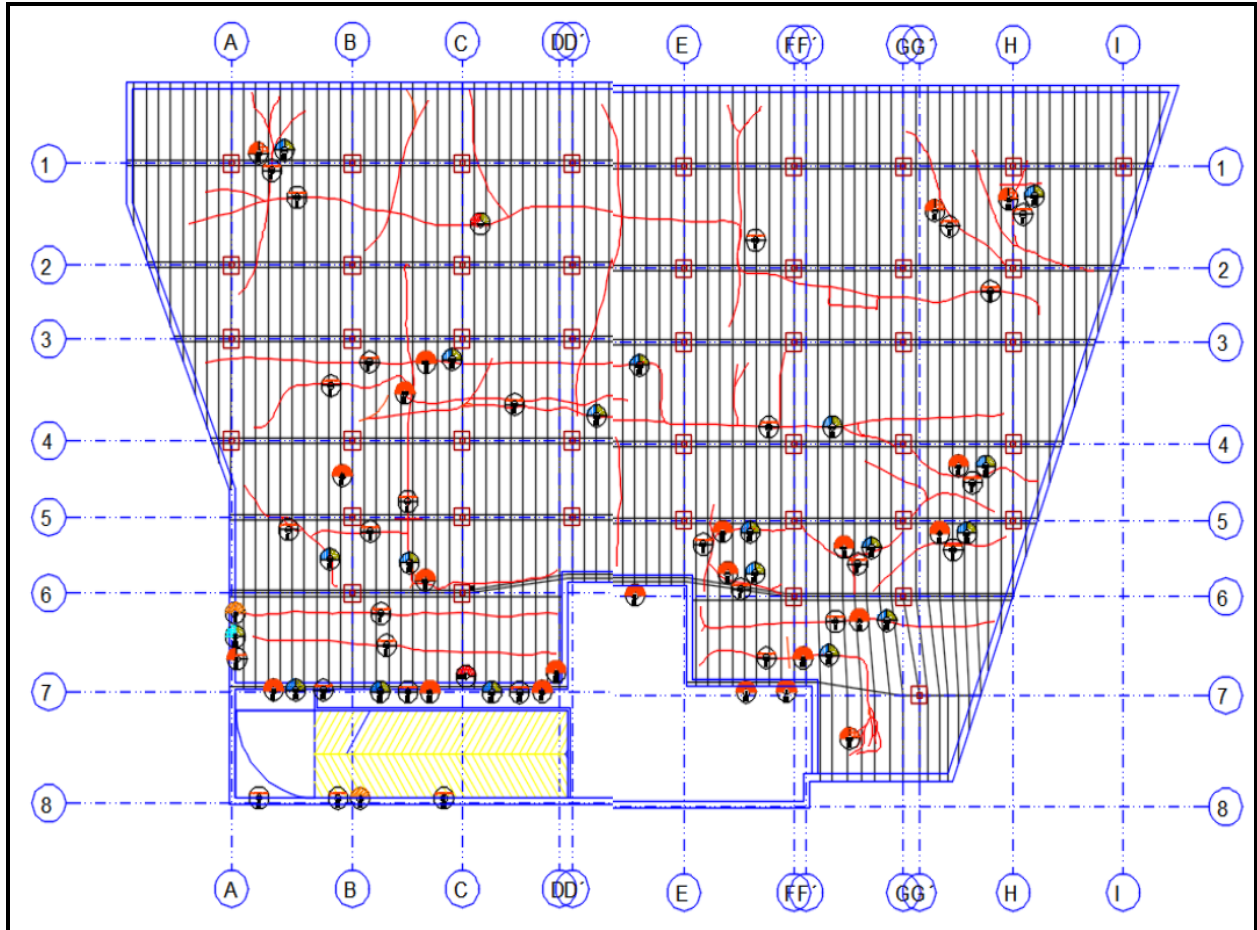


Figura 58. Esquema de Localización de Daño.

### Conclusiones

Acorde a la recolección de la información original de la edificación en estudio, el sistema estructural es una placa maciza postensada con capiteles apoyada sobre columnas y muros.

De acuerdo con los resultados de laboratorio contenidos en el informe de Patología desarrollado en el presente estudio (ver numeral 16 Consolidado de resultados de laboratorio), y con la documentación encontrada del diseño Original según la licencia de construcción No Lc 0740172 de 17 de Febrero del 2007, se pudo evidenciar la baja calidad del concreto y sus propiedades mecánicas además de la insuficiencia del refuerzo transversal en la placa de entrepiso, lo que ha generado lesiones de tipo mecánico en sentido horizontal y vertical a los cables de postencionamiento.

Asimismo, la resistencia a la compresión del concreto en algunas columnas como la del eje C-6, es menor a la mínima requerida para un diseño estructural cumpliendo con las exigencias de las normativas de la época “NSR-98”.

De igual forma en las columnas de los ejes F-1, F-2, F-3 y F-4 no se cumple con los recubrimientos mínimos para la protección del refuerzo, según lo indicado de la norma “NSR-98”. De la misma forma el frente de carbonatación oscila entre 20 y 30 mm.

Por otro lado, el refuerzo longitudinal de los capiteles en los ejes F-7 y F-8 es insuficiente con respecto al indicado en los planos de diseño.

### **Recomendaciones**

Basados en los conocimientos adquiridos en la especialización Patología de la Construcción nos permitimos realizar las siguientes recomendaciones:

#### **Alternativa 1**

Se deben construir vigas para conformar diafragmas de rigidez. Con la suficiente resistencia para reutilizar los tensores existentes, considerando que la baja resistencia del concreto de la placa conlleve al colapso. Incorporando las vigas se debe estudiar la nueva distribución de solicitaciones para revisar el refuerzo longitudinal de los capiteles y la placa, por el cambio de sistema estructural de entrepiso. Además, se debe restituir el recubrimiento de las columnas de los ejes F-1, F-2, F-3 y F-4, debido a la profundidad del frente de carbonatación y al no cumplimiento de los requisitos mínimos indicados en el capítulo C.7 de la norma NSR-98.

#### **Alternativa 2**

Se sugiere la demolición de la placa superior y reemplazarla por un sistema de placa bidireccional acorde con las especificaciones del reglamento Sismo Resistente actual NSR-10. Y se debe restituir el recubrimiento de las columnas de los ejes F-1, F-2, F-3 y F-4, debido a la profundidad del frente de carbonatación y al no cumplimiento de los requisitos mínimos indicados en el capítulo C.7 de la norma NSR-98.

Las dos alternativas dependen de la recomendación final del Ingeniero estructural, una vez realice el estudio de vulnerabilidad acorde con los resultados del estudio de Patología de la construcción.

### Lista de Referencias

- ACI, American Concrete Institute. (2005). ACI 318 S-05, Building Code Requirements for Reinforced Concrete. Detroit, Michigan, USA. ACI.
- ACI, American Concrete Institute. (2005). ACI 318-05, Building Code Requirements for Structural Concrete. Detroit, Michigan, USA. ACI.
- ACI, American Concrete Institute. (2013). ACI 228. 2R-13, Report on Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures. Farmington Hills, USA. ACI
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (1998). Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 Ley 400 de 1997, Bogotá. AIS.
- AIS, Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2012). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10. Ley 400 de 1997 (modificada por la Ley 1229 de 2008 y el Decreto 019 de 2012). Bogotá. AIS
- Amazon. (s.f.). Microscopio de Campo – SVP Digital Portátil Mobile Magnifier MicroScope Binoculares 500X ZOOM. [Figura]. Recuperado de: <https://www.amazon.com/-/es/dm540-2-7-Microscopio-maginifier-Digital-Incorporada/dp/B00686J3GC>
- ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2016). Norma International ASTM C597-16. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete.
- ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2018). Norma International ASTM C805-18. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete.
- ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2016). Norma International ASTM C457-16. Standard Test Method for Microscopical Determination of

Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete.

ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2004). Norma International ASTM C856-04. Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete.

ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2013). Norma International ASTM C42-13. Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete.

ASTM INTERNACIONAL, American Society for Testing and Materials. (2020). Norma International ASTM C39-20. Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.

Curaduría Urbana 4. Nohora C. (27 de febrero de 2007). Licencia de Construcción LC-07-4-0172, Bogotá. Tomado de Archivo Central Especializado de Planeación. Bogotá

Diaz, P. (2014). Protocolo Para los Estudios de Patología de la Construcción en Edificaciones de Concreto Reforzado en Colombia. (Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia). Recuperado de:

<http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/12694>

Google. (s.f.). [Mapa Localización Conjunto Residencial San Juan de Castilla en Google Earth].

(Figura). Recuperado el 20 de agosto, 2020, de: <https://bit.ly/2EMS2Jf>

Google. (s.f.). Escáner Profesional Hilti. [Figura]. Recuperado de: <https://www.hilti.com>

Guzmán, D. (2004). Concretos y Morteros Manejo y Colocación en Obra. Volumen 4. Bogotá. Colombia. Asocreto.

I.N.V., Instituto Nacional de Vías. (2007). I.N.V. 233, Determinación Cuantitativa de los Compuestos de Azufre en los Agregados. Bogotá. I.N.V.

- I.N.V., Instituto Nacional de Vías. (2007). I.N.V.E-418-07, Toma de Núcleos y Vigas en Concreto Endurecidos. Bogotá. I.N.V.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2010). NTC 673, Ensayos de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. Bogotá. ICONTEC.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1995). NTC 3726, Método para Determinar el Contenido de Cemento Portland del Concreto de Cemento Hidráulico Endurecido. Bogotá. ICONTEC.
- ICONTEC, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2007). NTC 5551, Durabilidad de Estructuras del Concreto. Bogotá. ICONTEC.
- ISO, International Organization for Standardization. (2005). ISO 9712:2005, Non-Destructive Testing-Qualification and Certification of Personnel. Ginebra, Suiza.
- ISO, International Organization for Standardization. (2008). ISO 18434-1:2008, Condition Monitoring and Diagnostics of Machines Thermography. Ginebra, Suiza.
- ISO, International Organization for Standardization. (2012). ISO 18436-1:2012, Condition Monitoring and Diagnostics of Machines. Ginebra, Suiza.
- Licencia de construcción LC-07-4-0172, (2007). Planta Arquitectónica Sótano. [Figura]. Recuperado de: Archivo Central Especializado de Planeación. Bogotá.
- Licencia de Construcción LC-07-4-0172, (2007). Planta Arquitectónica Primer Piso, Zona de parqueadero (Cubierta Sótano) y Torres. [Figura]. Recuperado de: Archivo Central Especializado de Planeación. Bogotá.
- Monjo, J. & Maldonado, L. (2001). Patología y Técnicas de Intervención en Estructuras. Arquitectónicas 3. Munilla - Lería.

PROCEQ. (s.f.). Diagrama Simplificado del Sistema de Operación Ultrasonic Pulse Velocity.

[Figura]. Recuperado de: <https://images.app.goo.gl/8N7JknrTqL4eU1Bx8>

PROCEQ. (s.f.). Esclerómetro Digital – Silver Schmidt Hammer C383-10. [Figura]. Recuperado

de: <https://www.proceq.com/es/compare/schmidt-martillos-de-rebote/>

PUNDIT LAB, (s.f.). Equipo para Medir Velocidad de Pulso Ultrasónico. [Figura]. Recuperado

de: [https://www.archiproducts.com/es/productos/pasi/instrumento-para-prueba-e-inspeccion-pundit-lab\\_74761](https://www.archiproducts.com/es/productos/pasi/instrumento-para-prueba-e-inspeccion-pundit-lab_74761)

Quimbay, R. (2012). Estimación del Módulo de Elasticidad del Concreto y del Mortero Mediante

TCTM, (Monografía Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia).

Recuperado de:

[http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo\\_elasticidad\\_concreto.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/12424/1/modulo_elasticidad_concreto.pdf).

Secretaria Distrital de Planeación. SDP (2016). [Mapa Panorámica General del Proyecto San

Juan de Castilla en SINUPOT]. (Figura). Recuperado el 22 de agosto, 2020, de:

<https://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf>

Secretaria Distrital de Planeación. SDP (2016). [Mapa Zona de Amenaza en SINUPOT].

(figura). Recuperado el 22 de agosto, 2020, de:

<https://sinupotp.sdp.gov.co/sinupot/index.jsf#>

SIKA Colombia. (s.f.). Rehabilitación Fisuras en el Concreto Reforzado. [Figura]. Recuperado

de:

[https://col.sika.com/dms/getdocument.get/50ba5246-de4a-3dbe-8662-](https://col.sika.com/dms/getdocument.get/50ba5246-de4a-3dbe-8662-918382523e35/BROCHURE%20FISURAS%20EN%20EL%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf)

[918382523e35/BROCHURE%20FISURAS%20EN%20EL%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf](https://col.sika.com/dms/getdocument.get/50ba5246-de4a-3dbe-8662-918382523e35/BROCHURE%20FISURAS%20EN%20EL%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf)

[RZADO.pdf](https://col.sika.com/dms/getdocument.get/50ba5246-de4a-3dbe-8662-918382523e35/BROCHURE%20FISURAS%20EN%20EL%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf)

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. UAECD (2002). [Mapa UPZ 79 Calandaima, en Dinámica de las Construcciones por usos de la Localidad de Kennedy en 2002 y 2012]. (Figura). Tomado de: Alcaldía Mayor de Bogota. D.C. Hacienda.

**Anexos**

- ✓ Estudio de Suelos
- ✓ Memoria de Calculo
- ✓ Planos Estructurales
- ✓ Presupuesto
- ✓ Programación de Obra