



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

Estudiantes

Mercedes Alzate Marin

Jhon Pedraza García

Juan Carlos Celis Latorre

Facultad de Ingeniería Civil

Especialización en Patologías de la Construcción

Dra. María Paz Duque Gutiérrez

Noviembre 25 del 2024

Resumen

Este estudio reseña las patologías encontradas en el estudio de viviendas con desarrollo progresivo¹ en barrios de origen informal² en Bogotá. La Historia de su construcción data del año 1982 a 1988 aproximadamente, la construcción fue ejecutada directamente por el dueño del terreno, un maestro de obra y con ayuda de mano de obra no calificada y trabajo comunitario colaborativo. La vivienda no contó con estudios de suelos, diseños arquitectónicos, diseños estructurales, ni asistencia profesional. Es de anotar que el desarrollo fue progresivo iniciando con una cimentación superficial y muros de mampostería no reforzada que en su segunda etapa se consolidó con la construcción de una placa de concreto maciza. En su tercera etapa se hizo el segundo piso en muros de mampostería parcialmente con una placa de concreto y después se construyó un tercero, que se complementa con un desarrollo parcial del lote a nivel de un cuarto piso.

El sistema constructivo en el primer piso se puede asociar a pórticos, pero en los pisos siguientes los pórticos desaparecen y se convierte en un sistema de mampostería parcialmente confinada. Este sistema constructivo es muy extendido en el sector, convierte estas construcciones en vulnerables a fenómenos sísmicos y sujetos de intervención urgente para reducir la altísima probabilidad de colapso ante eventos sísmicos, salvaguardar la vida de sus habitantes y consolidar el único patrimonio de las familias.

Las Patologías observadas inicialmente están relacionadas con procesos constructivos deficientes, baja resistencia del concreto, sistemas estructurales combinados (pórticos y mampostería

¹ BID, el método de vivienda progresiva lo define el BID es aquella por la cual los beneficiarios de viviendas sociales completan sus casas por sus propios medios.

² Según la CEPAL. Los asentamientos informales son áreas residenciales donde los habitantes no tienen seguridad de tenencia frente a los terrenos o viviendas que habitan, que van desde la ocupación ilegal hasta viviendas de alquiler informales. Los vecindarios usualmente carecen de servicios básicos e infraestructura urbana, encontrándose usualmente en áreas ambientales y geográficas peligrosas.



parcialmente confinada), reducción de las secciones de concreto de un piso al siguiente, fisuras en los elementos de concreto, entre otros.

Dada la naturaleza del inmueble y la situación socio-económica del hogar, característica de todo el barrio y en general de los 3000 barrios en Bogotá que tienen condiciones similares (500.000 viviendas), el presente trabajo busca caracterizar la calidad del concreto de la edificación con la utilización de pruebas destructivas (núcleos) y no destructivas (esclerometrías y ultrasonidos) y comparar los resultados obtenidos con el fin de determinar la confiabilidad de los ensayos basados en técnicas no destructivas para los estudios patológicos de este tipo de edificaciones, con las ventajas en términos de tiempo y costo para los hogares.

Palabras Clave: Vivienda por Autoconstrucción, Patologías de la Construcción, Calidad de Concretos, Viviendas y usos mixtos, ensayos no destructivos, ensayos destructivos.

Abstract

This study reviews the pathologies found in a housing unit with progressive development in informal neighborhoods in Bogotá. The building process was conducted directly by the landowner, with the help of unskilled labor and collaborative community work. The house did not have soil studies, architectural designs, structural designs, or professional assistance. It should be noted that the development was progressive, starting with a superficial foundation and unreinforced masonry walls that in its second stage was consolidated with the construction of a solid concrete slab. In its third stage, the second floor was made in masonry walls partially with a concrete plate and then a third was built, which is complemented by a partial development of the lot at the level of a fourth floor.



The construction system on the first floor can be associated with porticoes, but on the following floors the porticos disappear and become a partially confined masonry system. This construction system is widespread in the sector, making these constructions vulnerable to seismic phenomena and subject to urgent intervention to reduce the very high probability of collapse in the event of seismic events, safeguard the lives of their inhabitants and consolidate the only patrimony of families.

The pathologies initially observed are related to deficient construction processes, low concrete strength, combined structural systems (gantries and partially confined masonry), reduction of concrete sections from one floor to the next, cracks in the concrete elements, among others.

Given the nature of the property and the socio-economic situation of the home, characteristic of the entire neighborhood and in general of the 3000 neighborhoods in Bogotá that have similar conditions (500,000 homes), the present work seeks to characterize the quality of the concrete of the building with the use of destructive tests (cores) and non-destructive tests (sclerometers and ultrasound) and compare the results obtained in order to determine the reliability of the tests based on Non-destructive techniques for the pathological studies of this type of buildings, with the advantages in terms of time and cost for households.

Key words: Self-construction Housing, Construction Pathologies, Concrete Quality, Housing and mixed uses, non-destructive testing, destructive testing.

Contenido

Resumen	2
Abstract	3
Introducción	7
Origen y Relevancia	9
Objetivos de la investigación	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
Pregunta de investigación	12
Metodología	12
Aspectos generales del trabajo de la investigación	13
Objeto o tema de investigación	13
Contextualización	14
Delimitación de la Investigación	20
Problema de Investigación	21
Marco Normativo aplicable	21
Normas vigentes aplicables	21
Ensayos y normas aplicables a la calidad del concreto	23
Importancia de la Calidad del Concreto para Patologías de Vivienda desarrolladas por	24
Autoconstrucción	24
Bases Teóricas y Definiciones Conceptuales	24
Antecedentes	24
Metodología	25
Diseño de investigación	25
Población y Muestra	25
Instrumentos de Recolección de Datos	26
Ensayo de esclerometría	26
Ensayo de ultrasonido:	27
Ensayo compresión:	28
Método SonReb	29
Procesamiento de la información.	29

Extracción de núcleos NTC 3658.....	33
-Extracción de núcleos NTC 3658.....	34
Análisis e interpretación de los datos de ensayos destructivos y no destructivos	34
Esclerometría NTC 3692-18.....	34
Ultrasonido NTC 4325-97.....	35
Resistencia a la compresión NCT 3658.....	35
Equipamiento empleado.....	37
Resultados y discusión	38
Desarrollo de capítulos basados en los objetivos específicos.....	Error! Bookmark not defined.
Cronograma	40
Presupuesto	42
Conclusiones	43
Bibliografía	47

Lista de figuras

Figura 1 Viviendas con construcción Mixta; Pórticos- Mampostería sin confinar sector Patio Bonito.....	8
Figura 2 Mapa conceptual metodología	13
Figura 3 Localización Google maps del paciente.....	14
Figura 4 Ficha de levantamiento arquitectónico de la vivienda.....	15
Figura 5 Modelación REVIT -Creación del autor	16
Figura 6 Patología de la Fachada. Elaboración del Autor	17
Figura 7 Fichas patológicas de la estructura	18
Figura 8 Modelo patológico en Revit	19
Figura 9 Modelo del sistema de pórticos de la primera planta	20
Figura 10 Imagen e identificación de cada elemento.	25
Figura 11 Alistamiento de superficies para ensayos no destructivos	26
Figura 12 Toma de datos esclerometría.....	27
Figura 13 Toma de datos ensayo PUV	27
Figura 14 Extracción de núcleo e identificación de los elementos	28
Figura 15 Escarificación de concreto en columnas	29
Figura 16 Esclerometría, datos de campo.....	30
Figura 17 ultrasonido datos de campo.....	31
Figura 18 Ultrasonido datos de campo pg 2	32
Figura 19 Resultados de Ensayos de Núcleos.....	33
Figura 20 Valores de rebote para diferentes elementos.....	34

Figura 21 Valores de VPU	35
Figura 22 Resistencia a la compresión en núcleos	36
Figura 23 Equipamiento en obra	37
Figura 24 Ecuaciones de correlación SonReb.....	38
Figura 25 Modelo de correlación	39
Figura 26 Error absoluto del modelo	40
Figura 27 Cronograma de la investigación	41
Figura 28 Presupuesto del proyecto de investigación.....	42

Lista de cuadros

Tabla 1 Tabla de normatividad aplicable	21
Tabla 2 Normatividad aplicada al concreto	23
Tabla 3 Resumen de resultados de núcleos	34
Tabla 4 Tabla resumen de ensayos no destructivos	38
Tabla 5 Resistencia obtenida de acuerdo con diferentes autores.....	39

Palabras Clave: Vivienda por desarrollo progresivo, Barrios de origen informal, Patologías de la Construcción, ensayos no destructivos, ensayos destructivos.

keywords: Housing by self-construction, Construction Pathologies, Concrete Quality, Housing and mixed uses, Nondestructive testing, Destructive testing

Introducción

La informalidad en la construcción es un fenómeno que afecta a muchas ciudades en el mundo, Bogotá, siendo la capital de Colombia, no es ajena a esta problemática, enfrenta un desafío significativo en este ámbito “los desarrollos habitacionales informales o ilegales como una forma de ocupación de la tierra tienen un antecedente que se remonta al siglo XIX” (Melo, 2018). Estos asentamientos con el tiempo han constituido barrios informales con viviendas que a menudo son levantadas sin los conocimientos técnicos necesarios, lo que resulta en estructuras vulnerables que carecen de planificación, seguridad y calidad, “La informalidad urbana es una de las más grandes del país, debido a su condición de ciudad capital generadora de oportunidades, además de ser la mayor receptora de flujos

internos de población producidos por los conflictos social y armado sufridos por el país los últimos 50 años” (Melo, 2018), reflejando un desafío que afecta la calidad de vida de miles de habitantes. A continuación, en la figura 1 se presentan una tipificación de las viviendas del sector.

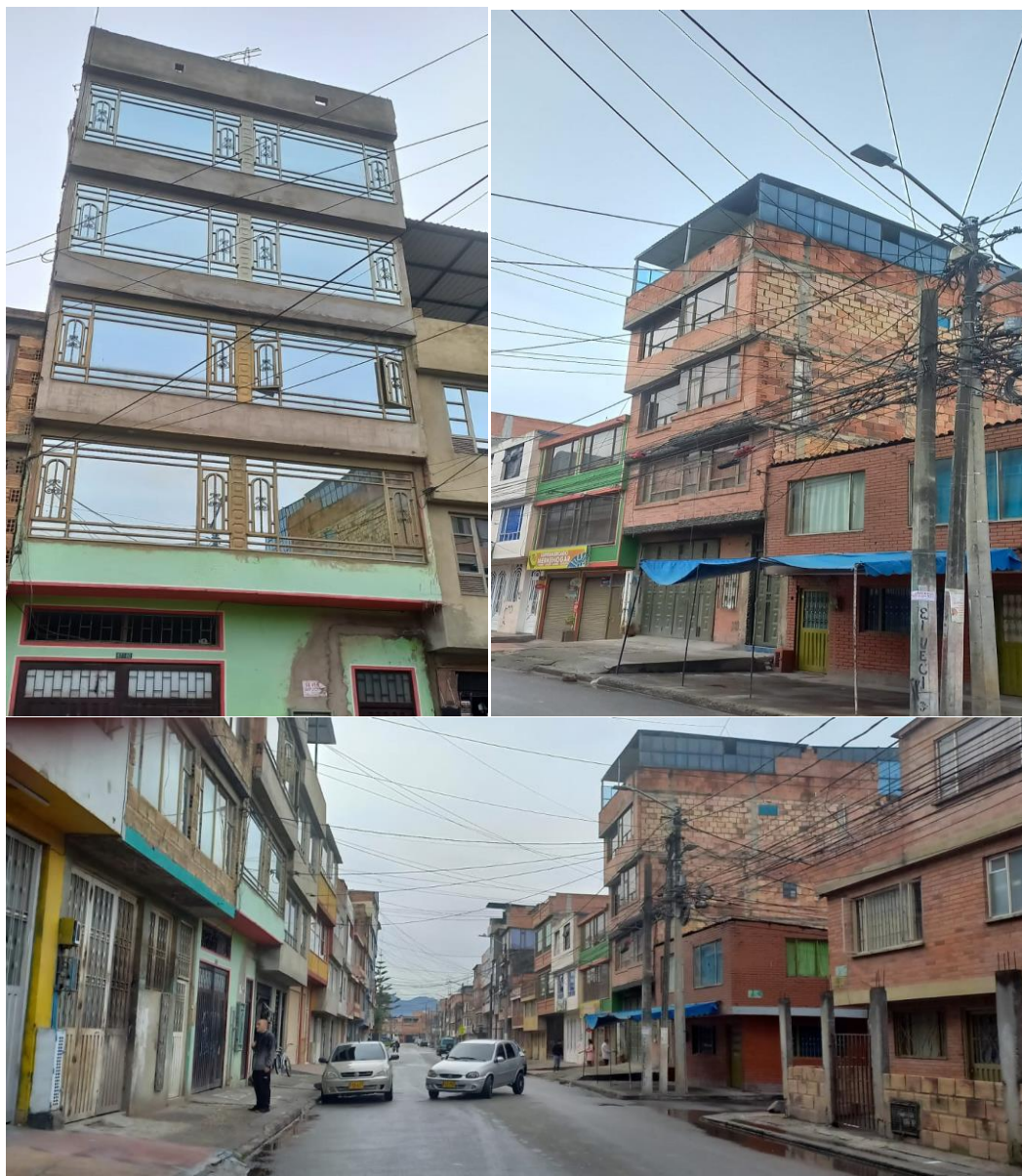


Figura 1 Viviendas con construcción Mixta; Pórticos- Mampostería sin confinar sector Patio Bonito

Origen y Relevancia

En concordancia con el Decreto 561 de 2022, emitido por la Alcaldía Mayor de Bogotá, se adoptó la “POLÍTICA PÚBLICA DE GESTIÓN INTEGRAL DEL HÁBITAT DE BOGOTÁ 2022-2031” fundamentada en La Constitución (artículo 51) donde se “establece el derecho a la vivienda digna y la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 (artículo 25) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (en adelante PIDESC) en el artículo 11.1 instituyen el derecho a la vivienda adecuada” ... De acuerdo con el marco” ...es importante anotar además que Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la ONU (1991), expresa que “el derecho a la vivienda sirve para considerar una serie de factores y determinar si algunas formas de vivienda pueden ser consideradas como una vivienda adecuada, sintetizando el alcance en los siguientes términos:

(...) el derecho a la vivienda no se debe interpretar que lo equipare, por ejemplo, con el cobijo de tener un tejado por encima de la cabeza o lo considere solo como una comodidad. Debe considerarse más bien como el derecho a vivir en seguridad, paz y dignidad en alguna parte.

En el contexto mencionado, la Política Pública del Hábitat del Distrito ha realizado el diagnóstico de las problemáticas de la vivienda y definió las acciones en el territorio para la atención integral de las viviendas, de acuerdo con los siguientes lineamientos:

“Desarrollo informal. Asentamientos humanos que se generan para constituir una comunidad, que comparte espacios públicos comunes para su interrelación, cuyo crecimiento o establecimiento incumplida con los requerimientos normativos desde el punto de vista urbanístico y territorial, susceptibles de legalizarse si no están en zonas de especial protección ambiental, alto riesgo o



estratégicas para la estructura urbana de la ciudad. Gestión Integral del Hábitat. Es reconocer y dar respuesta a cada uno de los aspectos requeridos para mejorar la calidad de vida de los bogotanos y bogotanas, promoviendo el disfrute de manera equitativa e incluyente a bienes y servicios del territorio, implementando

estrategias e instrumentos que faciliten el acceso a soluciones habitacionales dignas, reconociendo y respondiendo de manera diferenciada los diferentes tipos de hábitat para incidir en el desarrollo urbano sostenible de la ciudad.... 9. Soluciones habitacionales. Son las distintas modalidades de vivienda que se promueven a través de instrumentos y/o mecanismos de regulación, gestión o financiación, que permiten a los hogares mejorar las condiciones de la vivienda, acceder a una solución de vivienda nueva, usada o en arrendamiento.”

Según El Estudio de la Prevención de Desastres en el Área Metropolitana de Bogotá, realizado por la Agencia de Cooperación Japonesa, año 2002, en Bogotá se encuentran alrededor de “500.000 viviendas defectuosas y edificaciones con baja sismo resistencia, hechas de ladrillo y mampostería, la mayoría de las cuales están ubicadas en áreas estratos 1 y 2 en el sur de la ciudad”, este diagnóstico es más grave aún si se estima que anualmente se producen aproximadamente 30.000 nuevas edificaciones de las cuales solo 5000 son licenciadas.

Como se observa el problema no es menor si se trata de ejecutar y financiar programas y proyectos orientados a resolver estas graves deficiencias de habitabilidad en la Capital.

Recientemente y dando la importancia que amerita el tema, el actual gobierno de Gustavo Petro se sancionó el decreto 1401 del 25 de agosto de 2023, que establece “El Gobierno Nacional adoptó el Documento AIS 410-23, el primero en Colombia que se convierte en una norma nacional y que busca reducir la vulnerabilidad de viviendas de origen informal de mampostería, teniendo como enfoque de ejecución el programa Cambia Mi Casa”.



El estudio que aporta lineamientos para evaluar los concretos elaborados y utilizados en esta modalidad de desarrollo de vivienda en Bogotá, considerando las prácticas constructivas deficientes, la mala calidad de los materiales utilizados, la falta de controles y supervisión técnica y características estructurales riesgosas, es una contribución para la elaboración de estudios tendientes a intervenir las viviendas mediante programas de reducción de vulnerabilidad, prevención en programas de autoconstrucción o mejoramiento de viviendas existentes.

Objetivos de la investigación

Determinar la resistencia del concreto utilizado en una vivienda de autoconstrucción en el sector de Patio Bonito, Localidad de Kennedy, Bogotá, realizando ensayos destructivos y no destructivos. Con estos ensayos, se busca determinar las correlaciones entre ambos métodos de evaluación, para establecer la confiabilidad y validez de los resultados obtenidos por cada ensayo.

Objetivo general

Determinar la resistencia del concreto utilizado en la construcción de una vivienda de origen informal, desarrollada mediante autoconstrucción, en el sector de Patio Bonito, localidad de Kennedy, Bogotá. Para ello, se realizarán ensayos destructivos (por medio de la extracción de núcleos) y ensayos no destructivos (esclerometrías y ultrasonidos), con el fin de evaluar la calidad del material empleado y establecer la correlación entre ambos métodos de ensayo, contribuyendo a validar su eficacia y confiabilidad en este tipo de construcciones.

Objetivos específicos

- Realizar un levantamiento planimétrico de la edificación para identificar las áreas afectadas
- Realizar los ensayos destructivos, toma de núcleos de las columnas del primer piso.



Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

- Realizar los ensayos de esclerometrías y ultrasonidos a los elementos estructurales del pórtico primer piso.
- Realizar la correlación de los resultados de los ensayos no destructivos y los ensayos destructivos.
- Proponer un método para levantar información de calidad del concreto para edificaciones desarrolladas por autoconstrucción en Bogotá D.C, que sea económico, eficaz y confiable.

Pregunta de investigación

¿Cuál es la resistencia del concreto en una vivienda de autoconstrucción en el sector de Patio Bonito, Localidad de Kennedy-Bogotá D.C., medida mediante ensayos destructivos y no destructivos, ¿y cómo influye la correlación entre estos métodos en la confiabilidad y validez de la evaluación de la calidad estructural del concreto en este tipo de construcciones?

Metodología

Este estudio se basa en la observación en campo producto de las visitas de inspección, la toma de muestras en sitio de los elementos de la estructura y en la recopilación de información proveniente de otros estudios e investigaciones realizadas previamente. Durante el proceso, se identificó que la calidad de los materiales utilizados, el procedimiento de ejecución de las viviendas y las prácticas constructivas en los sectores informales siguen patrones similares.

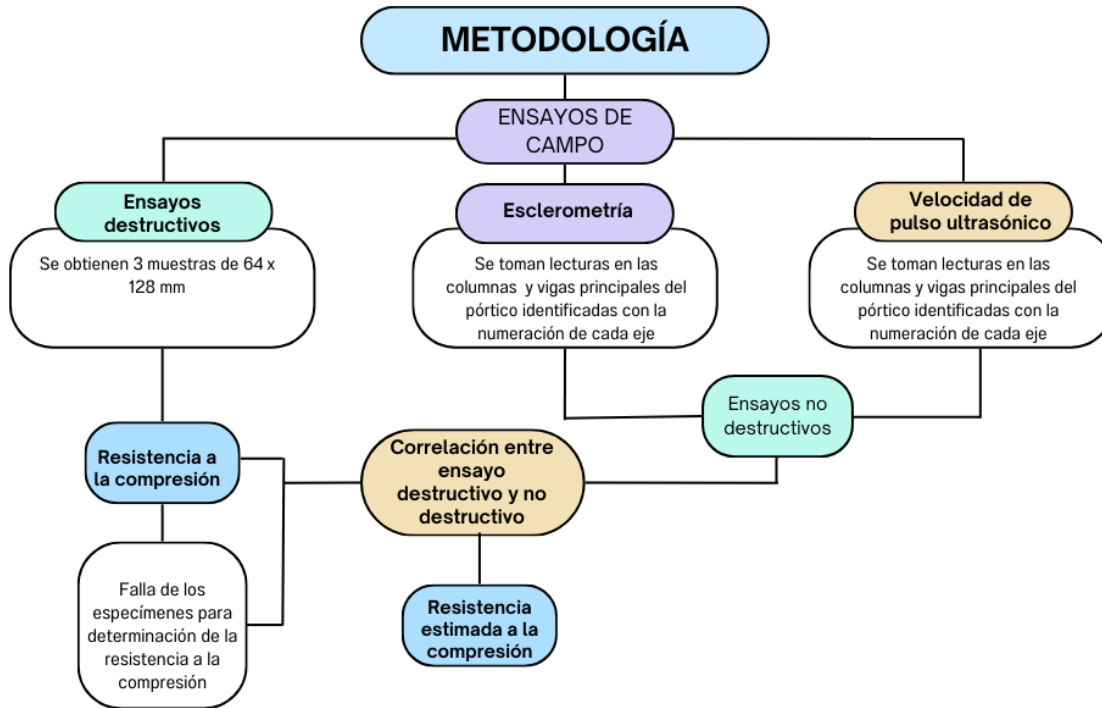


Figura 2 Mapa conceptual metodología

Aspectos generales del trabajo de la investigación

Objeto o tema de investigación

El Objeto de investigación se realiza en una vivienda de uso mixto característica del Sector de Patio Bonito en Bogotá ubicada en la Calle 5 b con Carreras 87 F y 88 de la Localidad de Kennedy. Actualmente la edificación cuenta con un local comercial en el primer piso apartamentos en el segundo y tercer piso. A nivel de piso cuarto se encuentran zonas de lavandería.

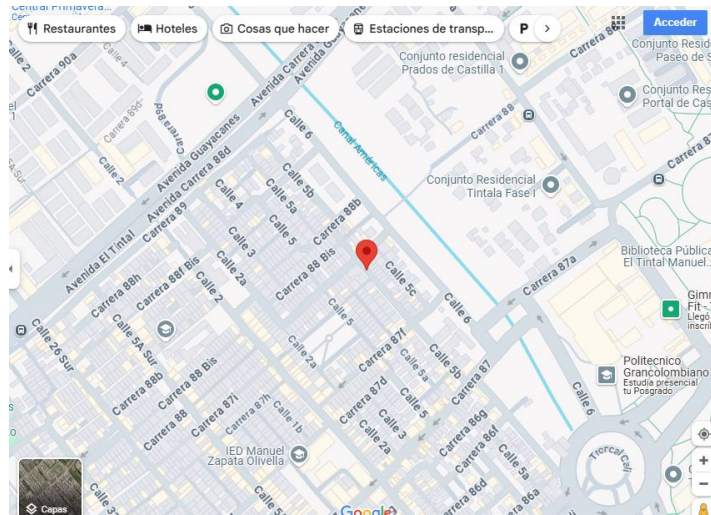


Figura 3 Localización Google maps del paciente

Contextualización

La Historia de su construcción se remonta al periodo comprendido entre los años 1982 a 1988 aproximadamente. El proyecto fue ejecutado por etapas bajo la dirección del propietario del terreno quien contó con ayuda de mano de obra no calificada y con la colaboración de la comunidad. La construcción no contó con estudios de suelos, diseños arquitectónicos, diseños estructurales, ni asistencia profesional alguna. Es importante señalar que el desarrollo fue progresivo iniciando con una cimentación incipiente, columnas y vigas perimetrales para luego incorporar una placa de concreto maciza. En la tercera etapa se construyó un segundo piso y una placa de cubierta y posteriormente se añadió una tercera planta, complementado con el desarrollo parcial del lote alcanzando un cuarto piso.

El sistema constructivo en el primer piso puede asociarse a pórticos, pero en los pisos superiores estos desaparecen dando paso a un sistema de mampostería parcialmente confinada. Este tipo de construcciones es común en el sector y lo hace altamente vulnerable a fenómenos sísmicos.

Como se indicó no existe la información técnica (estudio de suelos, diseños, planos) o registros que permitan verificar el proceso constructivo. Por esta razón se realizó el levantamiento de la información en sitio, se dibujaron las plantas arquitectónicas y se modeló la estructura.

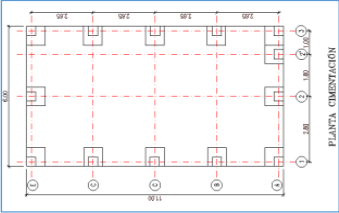
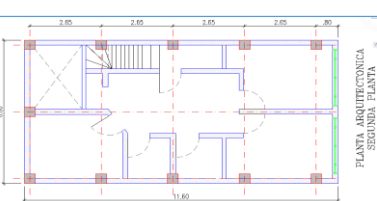
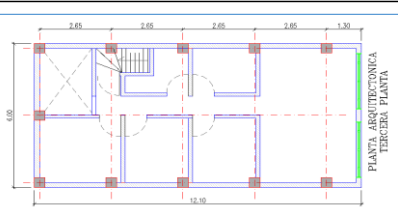
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS	ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN VIVIENDA MULTIFAMILIAR PATIO BONITO CL. 5b No.87i - 06 FICHA HISTORICA DE LA CONSTRUCCIÓN (I)	CRONOLOGÍA
DESCRIPCIÓN	FIGURAS Y PLANOS	OBSERVACIONES
La primera planta de la vivienda se construyó en el año de 1988, las excavaciones dela cimentación, las zapatas y el concreto ciclópeo del perímetro de la casa, también se construyeron las columnas, las vigas y la losa de entrepiso, esta losa funcionó como cubierta por 10 años.	 	Las dimensiones de las zapatas son de 0,8x0,8x0,2m, las columnas presentan áreas diferentes para cada elemento, no se tienen una viga longitudinal que conecte las columnas centrales de los eje A y E.
La segunda planta de la vivienda se construyó en el año 2000, el sistema solamente se dejó con vigas perimetrales, las vigas de los ejes B, C y D en el entrepiso no se dejan, se deja la losa más reforzada, las columnas de los ejes 2 y 2' no se prolongan.	 	El sistema se soporta en las vigas perimetrales y una losa reforzada sin presencia de vigas en los ejes B, C y D. La columna en los ejes E y 3 no se terminó, la viga de la tercera planta en el eje tres, entre los ejes D y E
La tercera planta construyó en el año 2012, el sistema contempla columnas y vigas perimetrales, la cubierta se apoya en muros con bloque entre los ejes A a C, la otra parte de la cubierta es una losa entre los ejes C a D y un espacio con una escalera pasa subir al altílo y un espacio vacío en el que entra la luz.	 	La cubierta es a dos aguas en teja de asbesto cemento, se apoya en paredes de bloque, no se observan pórticos de apoyo en el sentido longitudinal de la estructura, tampoco se observan vigas en el sentido transversal de la estructura.

Figura 4 Ficha de levantamiento arquitectónico de la vivienda

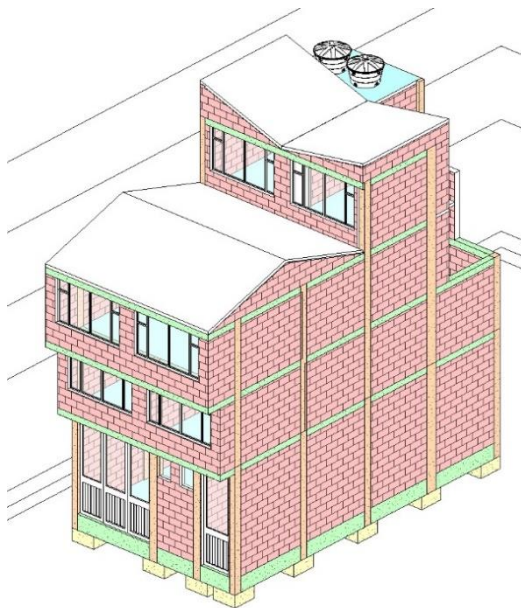


Figura 5 Modelación REVIT -Creación del autor

Con el levantamiento Arquitectónico se procedió a realizar el levantamiento de las patologías encontradas en el sujeto de estudio:

En Fachadas:



Figura 6 Patología de la Fachada. Elaboración del Autor

Fichas de Patologías en la estructura de la Vivienda:

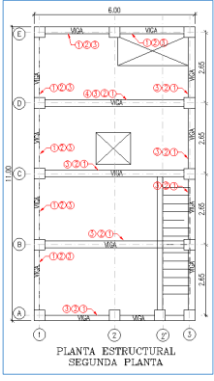
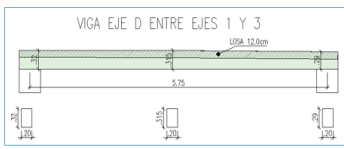
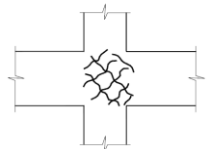
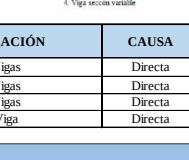
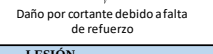
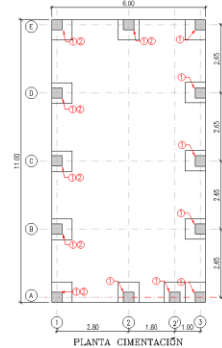
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN																																																						
Autoriza el estudio:		Proyecto:		Localización:		No. De Ficha																																																
GABRIEL AMAYA LEON		VIVIENDA MULTIFAM. PATIO BONITO		Calle 5b # 87i -06		ED. 01 Pat. Fach. - 01																																																
						Fecha: Marzo de 2024																																																
SEGUNDA PLANTA (1)																																																						
 PLANTA ESTRUCTURAL SEGUNDA PLANTA		 1-Aceros expuestos en las vigas		 VIGA EJE D ENTRE EJES 1 Y 3 LUSA 12,80m		 3-Flejes barras No.3 bias																																																
 2-Secciones sin recubrimiento		 Apariencia típica:		 4-Viga sección variable		 4-Viga sección variable																																																
		 Daño por cortante debido a falta de refuerzo																																																				
DESCRIPCIÓN GENERAL:		LESIÓN		UBICACIÓN		CAUSA																																																
1-Aceros expuestos en las vigas, 2-Secciones sin recubrimiento en las vigas, 3-Flejes barras No.3 bias, 4-Viga sección variable.		TIPO																																																				
		PRIMARIA		SECUND.		ESPECIFICACIÓN																																																
		1-Mecánica		X		Aceros Expuestos																																																
		2-Mecánica		X		Secciones sin recubrimiento																																																
		3-Mecánica		X		Barras inadecuadas																																																
		4-Mecánica		X		Dim. Elemento variables																																																
CALIFICACIÓN:																																																						
La calificación de la patología es Severa, aunque no se aprecian fisuras existe deterioro del concreto, falta de recubrimiento y deficiencia de acero																																																						
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN																																																						
Autoriza el estudio:		Proyecto:		Localización:		No. De Ficha																																																
GABRIEL AMAYA LEON		VIVIENDA MULTIFAM. PATIO BONITO		Calle 5b # 87i -06		ED. 01 Pat. Fach. - 01																																																
						Fecha: Marzo de 2024																																																
PLANTA CIMENTACIÓN																																																						
 PLANTA CIMENTACIÓN		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">DIMENSIÓN COLUMNAS</th> </tr> <tr> <th>EJES</th> <th>a (m)</th> <th>b (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1A</td><td>0,20</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>1B</td><td>0,25</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>1C</td><td>0,25</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>1D</td><td>0,25</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>1E</td><td>0,25</td><td>0,30</td></tr> <tr><td>2A</td><td>0,28</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>2E</td><td>0,38</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>2'A</td><td>0,19</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>3A</td><td>0,21</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>3B</td><td>0,15</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>3C</td><td>0,25</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>3D</td><td>0,25</td><td>0,38</td></tr> <tr><td>3E</td><td>0,25</td><td>0,25</td></tr> </tbody> </table>		DIMENSIÓN COLUMNAS			EJES	a (m)	b (m)	1A	0,20	0,25	1B	0,25	0,30	1C	0,25	0,40	1D	0,25	0,30	1E	0,25	0,30	2A	0,28	0,25	2E	0,38	0,24	2'A	0,19	0,25	3A	0,21	0,25	3B	0,15	0,25	3C	0,25	0,24	3D	0,25	0,38	3E	0,25	0,25	 1-Columnas dif. dimensiones 2-Vigas y col. No se ajustan		 1-Columnas dif. dimensiones		 3. Columna presenta perdida concreto	
DIMENSIÓN COLUMNAS																																																						
EJES	a (m)	b (m)																																																				
1A	0,20	0,25																																																				
1B	0,25	0,30																																																				
1C	0,25	0,40																																																				
1D	0,25	0,30																																																				
1E	0,25	0,30																																																				
2A	0,28	0,25																																																				
2E	0,38	0,24																																																				
2'A	0,19	0,25																																																				
3A	0,21	0,25																																																				
3B	0,15	0,25																																																				
3C	0,25	0,24																																																				
3D	0,25	0,38																																																				
3E	0,25	0,25																																																				
		 1-Columnas dif. dimensiones 2-Vigas y col. No se ajustan																																																				
DESCRIPCIÓN GENERAL:		LESIÓN		UBICACIÓN		CAUSA																																																
1-Las columnas presentan dimensiones variables. 2-La conexión entre vigas y columnas en inadecuada se ven aceros sobresalir de las columnas t no se conectan en las vigas. 3-La columna presenta golpes importantes con pérdidas del concreto de recubrimiento.		TIPO																																																				
		PRIMARIA		SECUND.		ESPECIFICACIÓN																																																
		1-Mecánica		X		Falla sistema Constructivo																																																
		2-Mecánica		X		Falla sistema constructivo																																																
		3- Física		X		Pérdida de sección																																																
						Ubicación																																																
						Todas las columnas																																																
						Todas las columnas y las vigas																																																
						Columna fachada izq.																																																
						Causa																																																
						Directa																																																
						Indirecta																																																
						Grado																																																
						L M S G																																																
						X																																																
						X																																																
						X																																																
						X																																																

Figura 7 Fichas patológicas de la estructura

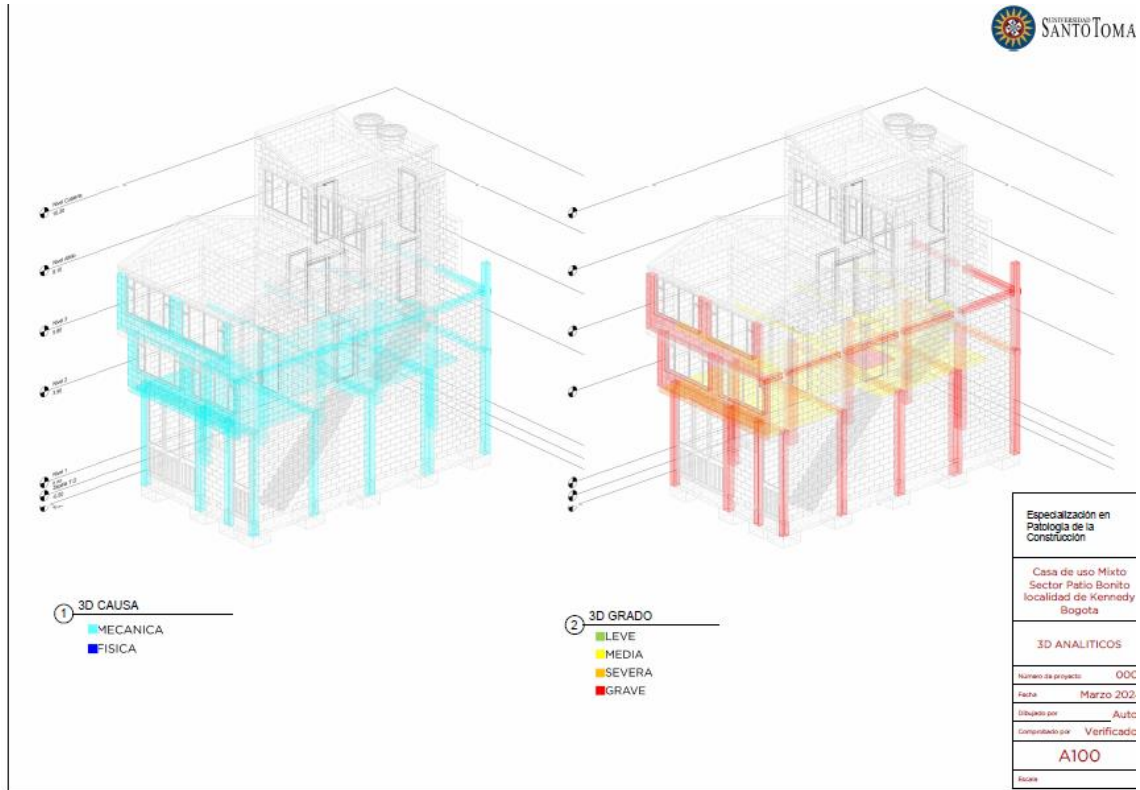


Figura 8 Modelo patológico en Revit

A partir de los hallazgos y en considerando que el grado de calificación de la estructura del primer piso es “GRAVE”, se establece como prioridad para cualquier intervención la realización de un diagnóstico de los materiales, con especial énfasis en la calidad del concreto utilizado en la estructura de las zapatas, columnas, vigas y losas. No obstante, la investigación requiere de pruebas y ensayos de los elementos construidos. Con los datos reales obtenidos a partir de estos ensayos, sobre los elementos construidos, se podrá proceder en una fase posterior a recomendar la realización del estudio de vulnerabilidad de la edificación.

Delimitación de la Investigación

El alcance del presente estudio se limita a determinar la calidad del concreto utilizado en la ejecución de las columnas y vigas que componen el pórtico del primer nivel de la edificación, sobre el cual se soporta la totalidad de las cargas vivas y muertas de los pisos 2,3 y 4. La evaluación de la calidad del concreto se llevará a cabo mediante ensayos destructivos y no destructivos, y con base en estos resultados se realizará la correlación de los datos obtenidos. Se debe considerar que el Número de ensayos destructivos a realizar está condicionado a la autorización previa por parte del propietario.

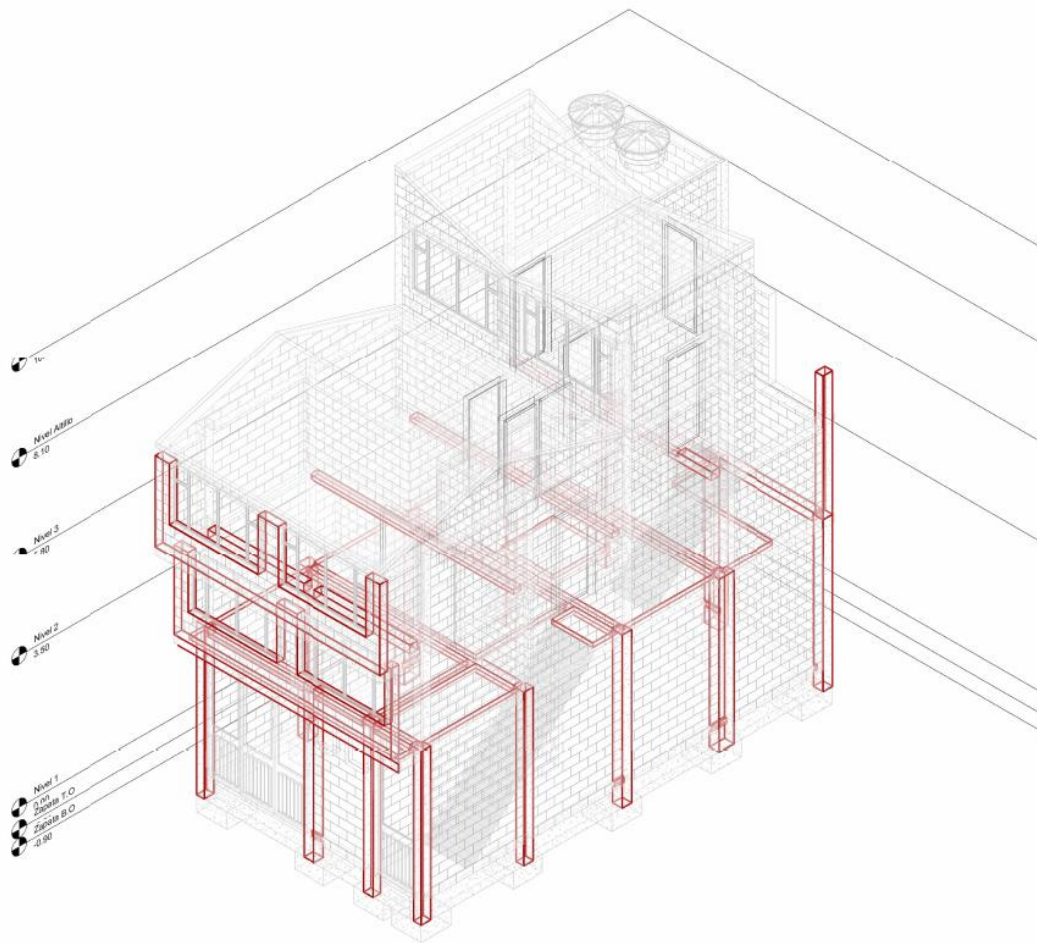


Figura 9

Modelo del sistema de pórticos de la primera planta

Problema de Investigación

Marco Normativo aplicable

Al verificar la normatividad vigente aplicable a este tipo de construcciones, se marca lo establecido por la NSR-10 que es la norma vigente y es de obligatorio cumplimiento a nivel nacional:

Normas vigentes aplicables.

Norma	Título	Descripción
NSR-10	título D.10.4	Requisitos generales para los elementos de confinamiento - Resistencia del concreto: tanto las columnas como las vigas de confinamiento se deben construir utilizando concreto cuya resistencia mínima a la compresión debe ser 17,5 Mpa a los 28 días
	título I.1.2	Obligatoriedad de la supervisión técnica, se definen lineamientos para la obligatoriedad de la supervisión técnica en función del área de construcción y los requerimientos de diseñadores estructurales. Finalmente se establecen las excepciones para el tipo de construcción cobijado por el título E
	título E.2.1.1	Cimentaciones: investigación mínima donde se indique comportamiento de viviendas aledañas, comportamiento del suelo en las inmediaciones, cantidad mínima de apiques y determinación de los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación

Tabla 1 Tabla de normatividad aplicable



Con esta especificación general de los títulos D e I de la NSR-10, se tiene el valor mínimo de resistencia de un concreto que corresponde a 17,5 MPa para ser considerado como estructural.

La autoconstrucción, sin el respaldo de estudios técnicos ni planos estructurales, representa una contravención a los requisitos mínimos establecidos en la NSR-10. Ya que esta norma exige que cualquier edificación cuente con diseños adecuados que consideren las características del terreno y los parámetros sísmicos de la zona (Título A y Título H), por lo que la falta de esta información básica impide verificar si la estructura fue concebida para resistir las fuerzas sísmicas y las cargas previstas.

Una resistencia a compresión inferior al límite normativo sugiere que la estructura no podrá desarrollar la capacidad ni ductilidad necesarias para disipar energía sísmica, aumentando el riesgo de colapso, por lo cual, este análisis es fundamental para identificar elementos críticos que necesiten refuerzo o rediseño.

Teniendo en cuenta lo anterior, la información obtenida de los ensayos (núcleos, esclerometría y ultrasonido) es clave para realizar un diagnóstico integral de la patología estructural. Con lo cual, estos datos permiten evaluar la calidad y homogeneidad del concreto, identificar elementos deteriorados o subdimensionados y determinar las zonas de mayor vulnerabilidad. Por lo que, desde un enfoque normativo, es esencial establecer la conformidad o no con los requisitos de diseño sismo-resistente, lo que orienta las decisiones sobre posibles refuerzos o demoliciones parciales.

Ensayos y normas aplicables a la calidad del concreto

Norma	Título	Descripción
NSR-10	C.5.6.5	Investigación de los resultados de ensayos con baja resistencia
	C.5.6.5.4	Requisitos de resistencia para aprobación de concreto estructural en muestras tomadas a partir de la obtención de núcleos
Norma técnica colombiana	NTC 3658	Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas
	NTC 4325	Método de ensayo para la determinación de la velocidad del pulso ultrasónico a través del concreto
	NTC 3692	Método de ensayo para medir el número de rebote del concreto endurecido

Tabla 2 Normatividad aplicada al concreto



Importancia de la Calidad del Concreto para Patologías de Vivienda desarrolladas por

Autoconstrucción

La calidad del concreto es una información imprescindible en la patología de las edificaciones construidas por el sistema de autoconstrucción, en los que no se tiene ningún tipo de diseño, supervisión, pruebas de concretos ni registros del proceso constructivo. Para las alternativas de intervención que se propongan en la Patología, necesariamente se tendrá que realizar un estudio de Vulnerabilidad de la Edificación, cuyo dato de entrada es la resistencia del concreto existente en la edificación en estudio.

Bases Teóricas y Definiciones Conceptuales

Antecedentes

Estudios previos han abordado el problema de la calidad desde la perspectiva de la correlación de ensayos no destructivos y ensayos destructivos con el objetivo de determinar la calidad del material de una estructura determinada, tal como se aborda en (Hernández & Cuetara, 2023) en donde se busca establecer métodos que correlacionen ultrasonidos y núcleos con el objetivo de determinar una resistencia a la compresión real de la estructura de manera confiable, de la misma manera (Borja Suárez, 2021) en su estudio buscan determinar la correlación entre la resistencia real del concreto y el ensayo no destructivo de esclerometría para muestras de concreto en el departamento de Lambayeque – Perú, de acuerdo con lo anterior son varios los acercamientos de autores para buscar establecer este tipo de correlaciones por ventajas en los costos y rapidez en la ejecución y obtención en resultados.

Metodología

Diseño de investigación

Basados en las inspecciones visuales, el levantamiento y la información obtenida en las fichas, se procede a generar una exploración de los concretos en vigas y columnas de la primera planta, esto mediante ensayos destructivos y no destructivos.

Estos ensayos se generan dadas las incertidumbres que se tienen respecto a la resistencia y fabricación de los concretos.

Población y Muestra

Se seleccionan 3 columnas de las 13 de la primera planta y 3 vigas de las 5 de la primera planta.



Figura 10 Imagen e identificación de cada elemento.

Los ensayos por realizar se van a generar en los siguientes elementos:

- 1- CEB (Columna Eje B), CEC (Columnas Eje C), CED (Columnas eje D).
- 2- VEB (Viga eje B), VEC (Viga eje C), VED (Viga eje D).

Instrumentos de Recolección de Datos.

Ensayo de esclerometría

Es un método no destructivo para medir la dureza de una superficie y la resistencia del concreto, el equipo usado es el esclerómetro, en el elemento se genera una malla de 3x4 o 4x3 y se toma el valor del golpe del esclerómetro en cada punto de la malla, para obtener un valor promedio, con su respectiva desviación.

Para este ensayo, primero se debe retirar la capa de pañete que tiene cada columna, se genera esta remoción para una sección de 20.0x20.0cm.



Figura 11 Alistamiento de superficies para ensayos no destructivos

Para el paciente en particular se generaron 6 ensayos de esclerometría: 1CEB, 1CEC, 1CED, 1VEB, 1VEC, 1VED.



Figura 12 Toma de datos esclerometría

Ensayo de ultrasonido:

Es una prueba in situ, no destructiva, para verificar la calidad del hormigón y las rocas naturales con máquina de pulso ultrasónico, para el paciente, se generan seis ensayos de ultrasonido indirectos en las columnas y tres ensayos de ultrasonido directos en las vigas.

UTI (Ultrasonido Indirecto), 2CEB, 2CEC, 2CED, UTD (Ultrasonido Directo), 1VEB, 1VEC, 1VED.

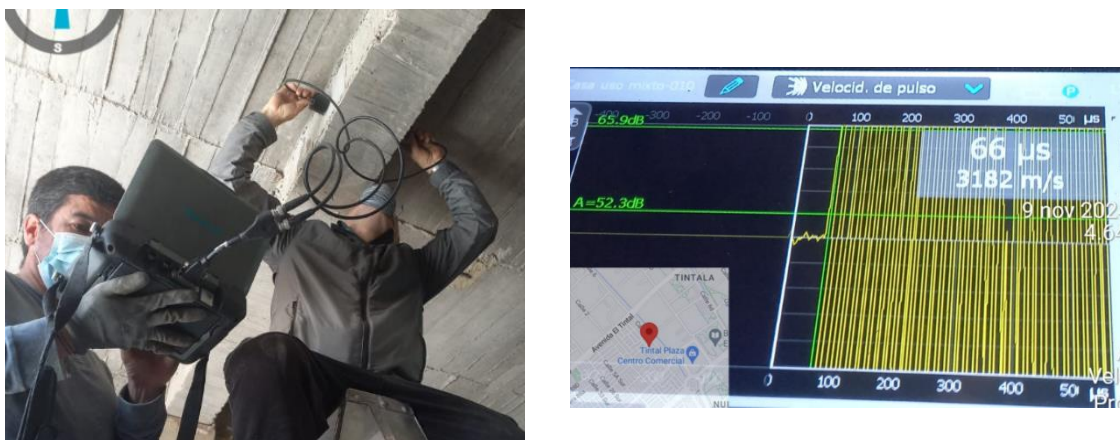


Figura 13 Toma de datos ensayo PUV

Ensayo compresión:

El proceso consiste en introducir una probeta cilíndrica del material que se quiere ensayar, por extracción destructiva, para luego ser sometida a una carga axial y llevar las muestras hasta la falla en prensas especiales por compresión, Los especímenes ensayados se extraen con taladro extractor de núcleos con broca diamantada de dimensiones 7.5x20.0cm luego se pulen garantizando la planicidad de las caras para luego ser falladas. Para el paciente en particular se extrajeron 3 núcleos: 1CEB, 1CEC, 1CED.



Figura 14 Extracción de núcleo e identificación de los elementos



Figura 15 Escarificación de concreto en columnas

Explica los métodos de recolección de datos, como inspección visual, mediciones de humedad, ensayos de resistencia, entre otros.

Método SonReb

Este método (Sistema de Obtención de Nuevas Relaciones entre Ensayos de Bloques) se trata de la construcción de modelos de predicción a través de la correlación entre ensayos destructivos y no destructivos. Es un método que combina ensayos dispares individualmente y permiten hacer el modelo menos sensible a los efectos de influencia e incertidumbre de cada una de las pruebas.

Procesamiento de la información.

Para procesar la información obtenida de la realización de los ensayos en campo, los datos se transcriben los datos en formatos diseñados por el equipo, con el fin de ser posteriormente tabulados y procesados. A continuación, se presentan los datos recolectados correspondientes a las columnas y vigas del primer nivel ya descritas en el numeral anterior.

Esclerometría NTC 3692-18

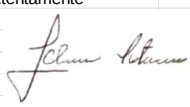
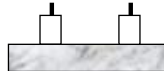
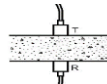
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS		UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS					
		ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN					
		ENSAYO ESCLEROMETRÍA (NTC 3692 - ASTM C 805)					
CASO No.		NO SE REGISTRA		EFFECTUADO POR:	Juan Carlos Celis Latorre		
FECHA EJECUCIÓN:		9-Nov-24		DIRECCION:	Patio Bonito		
OBRA:		Vivienda multifamiliar		ING. EN OBRA:	Mercedes Alzate		
CONSTRUCTOR:		N/A		ING. EN OBRA:	Jhon Pedraza		
INTERVENTOR:		N/A		TIPO DE MEZCLA:	Sin definir		
ELEMENTO:		Columnas y vigas 1RA. Planta		RESISTENCIA:	Sin definir		
ELEMENTO DUDA:							
UBICACIÓN:		Primera planta Columna eje (1-B)	Primera planta Columna eje (1-C)	Primera planta Columna eje (1-D)	Primera planta Viga eje (B, 1-3)	Primera planta Viga eje (C, 1-3)	Primera planta Viga eje (D, 1-3)
FECHA DE FUNDIDA:		01-Oct-88	01-Oct-88	01-Oct-88	01-Oct-88	01-Oct-88	01-Oct-88
FECHA DE ENSAYO:		09-Nov-24	09-Nov-24	09-Nov-24	09-Nov-24	09-Nov-24	09-Nov-24
MUESTRA:		#NA	#NA	#NA	#NA	#NA	#NA
EDAD (DÍAS):		13188	13188	13188	13188	13188	13188
POSICION:		Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal	Horizontal
Lecturas	1	36,5	43,0	39,5	37,5	38,5	32,0
	2	37,5	38,5	37,0	44,5	34,0	26,0
	3	38,5	42,5	37,5	40,0	42,0	33,0
	4	34,5	42,0	36,5	42,0	41,0	24,0
	5	34,0	40,0	33,5	38,0	42,0	36,0
	6	36,0	43,5	38,0	40,0	38,0	29,5
	7	36,5	44,5	33,0	43,5	41,0	34,5
	8	39,0	40,5	32,5	40,5	38,5	24,5
	9	34,5	43,5	34,0	39,5	41,0	33,5
	10	32,0	44,5	38,5	37,5	42,0	34,0
	11	35,5	38,5	37,0	41,5	38,5	31,0
	12	37,5	38,5	35,5	43,0	41,5	26,0
Promedio		36,0	41,6	36,0	40,6	39,8	30,3
Desv. Estandar		2,0	2,3	2,3	2,3	2,4	4,2
Coef. Variación		6%	6%	6%	6%	6%	14%
Atentamente							
							
JUAN CARLOS CELIS LATORRE							
Ing. de soporte técnico – Zona centro							

Figura 16 Esclerometría, datos de campo

Ultrasonido NTC 4325-97

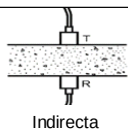
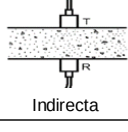
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD REGISTRO DE PRUEBA DE ULTRASONIDO CONTROLS Ultrasonic Tester E46	CASO No. N/A			EFECTUADO POR: Juan Carlos Celis			
		FECHA: 9-Nov-24			DIRECCION: Patio Bonito-Bogotá			
		OBRA: Vivienda Multifamiliar			ING. EN OBRA: Ing. Mercedes Alzate			
		CONSTRUCTOR: N/A			ING. EN OBRA: Ing. Jhon Pedraza			
		INTERVENTOR: N/A			TIPO DE MEZCLA: Sin definir			
Elemento	Descripción del Elemento			Posición / Tipo de Transmisión	Tiempo (µs)	Distancia (cm)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
Primera planta Columna eje (1-B)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión:	N/A	 Indirecta	43,0	15	3488	2898,0
		Fecha de Fundida:	1-Oct-88		65,0	15	2308	
		R ₂₈ reportada (kg/cm²):	N/A					
		Muestra en obra #	N/A					
Primera planta Columna eje (1-C)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión:	N/A	 Indirecta	38,0	15	3947,4	3848,7
		Fecha de Fundida:	1-Oct-88		40,0	15	3750,0	
		R ₂₈ reportada (kg/cm²):	N/A					
		Muestra en obra #	N/A					
Primera planta Columna eje (1-D)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión:	N/A	 Indirecta	41,0	15	3658,5	3495,9
		Fecha de Fundida:	1-Oct-88		45,0	15	3333,3	
		R ₂₈ reportada (kg/cm²):	N/A					
		Muestra en obra #	N/A					
Primera planta Viga eje (B, 1-3)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión:	N/A	 Directa	71,0	19,5	2746	2746,5
		Fecha de Fundida:	1-Oct-88					
		R ₂₈ reportada (kg/cm²):	N/A					
		Muestra en obra #	N/A					

Vo.Bo. 
Ing. Asistencia Técnica

Figura 17 ultrasonido datos de campo

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD REGISTRO DE PRUEBA DE ULTRASONIDO CONTROLS Ultrasonic Tester E46		CASO No. N/A	EFECTUADO POR: Juan Carlos Celis			
			FECHA: 9-Nov-24	DIRECCION: Patio Bonito-Bogotá			
			OBRA: Vivienda Multifamiliar	ING. EN OBRA: Ing. Mercedes Alzate			
			CONSTRUCTOR: N/A	ING. EN OBRA: Ing. Jhon Pedraza			
			INTERVENTOR: N/A	TIPO DE MEZCLA: Sin definir			

Elemento	Descripción del Elemento		Posición / Tipo de Transmisión	Tiempo (μs)	Distancia (cm)	Velocidad (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
Primera planta Viga eje (C, 1-3)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión: N/A	 Indirecta	66,0	21	3182	3182
		Fecha de Fundida: 1-Oct-88					
		R ₂₈ reportada (kg/cm²): N/A					
		Muestra en obra # N/A					
Primera planta Viga eje (D, 1-3)	☐ Testigo ☒ Elemento en Duda	Remisión: N/A	 Indirecta	59,0	21	3559	3559
		Fecha de Fundida: 1-Oct-88					
		R ₂₈ reportada (kg/cm²): N/A					
		Muestra en obra # N/A					
	☐ Testigo ☐ Elemento en Duda						
	☐ Testigo ☐ Elemento en Duda						

Vo.Bo. 
Ing. Asistencia Técnica

Figura 18 Ultrasonido datos de campo pg 2

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

Extracción de núcleos NTC 3658

DIRECCIÓN: Calle 76B No. 55A-29 Teléfono: 457 32 12 Bogotá D.C. - Colombia														QUALITY CONTROL					
INFORME DE ENSAYO																			
MÉTODO PARA LA OBTENCIÓN Y ENSAYO DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS Y VIGAS DE CONCRETO ASERRADAS (RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE NÚCLEOS EXTRAÍDOS)																			
Norma		Versión		Revisión No.		Fecha de edición													
NTC 3658:2018		Q4-FCNC-V01-2021		1		9/11/2024													
Compañía: ING. FRANCISCO NIETO														Q4-LAB-2024-04					
Dirección: CL 5B N° 87F-20														Orden de trabajo No. 2024TI-1					
Obra: CASA PATIO BONITO														Fecha de entrada: 09/11/2024					
Cliente: MERCEDES ALZATE														Fecha de ensayo: 16/11/2024					
												Hora inicial: 10:00		Hora final: 12:00					
Muestra Número	Localización	Fecha de obtención DD-MM-AAA	Hora de obtención hh:mm	Díametro (mm)	Altura (mm)	Masa (g)	Área de carga (cm²)	Altura refrentado (mm)	Relación H/D	Densidad (kg/m³)	Carga máx. (kN)	Esfuerzo máximo (MPa)	Factor de corrección	Esfuerzo corregido MPa	PSI	Caso	Tipo de falla	Registro fotográfico	Observaciones
N1	PISO 1	9/11/2024	10:00:00	63.0	127.5	996	31.17	Capuchones de neopreno	2.0	2505.98	43.76	14.04	1.00	14.0	2036.05	II	T2		Presenta vacío longitudinal de aproximadamente 8mm x 70mm
N2	PISO 1	9/11/2024	10:00:00	65.0	130.0	1010	33.18	Capuchones de neopreno	2.0	2341.32	41.03	12.36	1.00	12.4	1793.36	II	T2		
N3	PISO 1	9/11/2024	10:00:00	64.0	126.0	964	32.17	Capuchones de neopreno	2.0	2378.25	46.18	14.36	1.00	14.4	2082.02	II	T2		
										PROMEDIO:	13.59	1.00	13.59	1970.48					
TIPOS DE FALLA										CASO I				CASO II					
																			
TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6					Aplicación de la carga				A) Dirección de colocación del concreto B) Dirección de la aplicación de la carga					
Condición de humedad: Seco: ☒ X Húmedo: ☐ Historial de acondicionamiento de: Bolsa sellada: ☐ Contenedor no absorbente: ☒ X OBSERVACIONES: año máximo nominal del agregado en mm: 12 Condiciones ambientales: temperatura: 20.0 °C humedad: 0.0 %HR																			
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME				ELABORÓ				APROBÓ											
16/11/2024				FRANCISCO NIETO MP.091037-0603457CND INGENIERO PATÓLOGO				ING. JAVIER MORA DAZA MP.15202113702BYC GERENTE TÉCNICO											
Nota 1: La información relacionada en las casillas de "procedencia, material, fechas de toma y obra u otra", son suministradas por el cliente con fines informativos. No se asume ninguna responsabilidad sobre la validez de la información dada por el cliente en este informe. Nota 2: Este folio no deberá reproducirse parcial o totalmente sin la aprobación por escrito de QATRO S.A.S. Este documento es válido cuando lleve el sello del laboratorio y la firma de quien aprueba. Los resultados informados corresponden a la muestra suministrada.																			

Figura 19 Resultados de Ensayos de Núcleos

-Extracción de núcleos NTC 3658

Número	Ubicación	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Relación D/L	Carga (KN)	Resistencia Kg/cm ²
1	Primera planta columna eje (1-B)	127,5	63	2,02	43,76	140
2	Primera planta columna eje (1-C)	130	65,0	2,00	41,03	124
3	Primera planta columna eje (1-D)	126	64,0	1,97	46,18	144

Tabla 3 Resumen de resultados de núcleos

Análisis e interpretación de los datos de ensayos destructivos y no destructivos

Esclerometría NTC 3692-18

La prueba de esclerometría es una prueba no destructiva que se encuentra normalizada por la ASTM C-805 y NTC 3692, y se basa en el principio de que el rebote de una masa elástica depende de la dureza de la superficie en contra de la cual la masa incide, La utilidad de esta prueba es de tipo comparativo

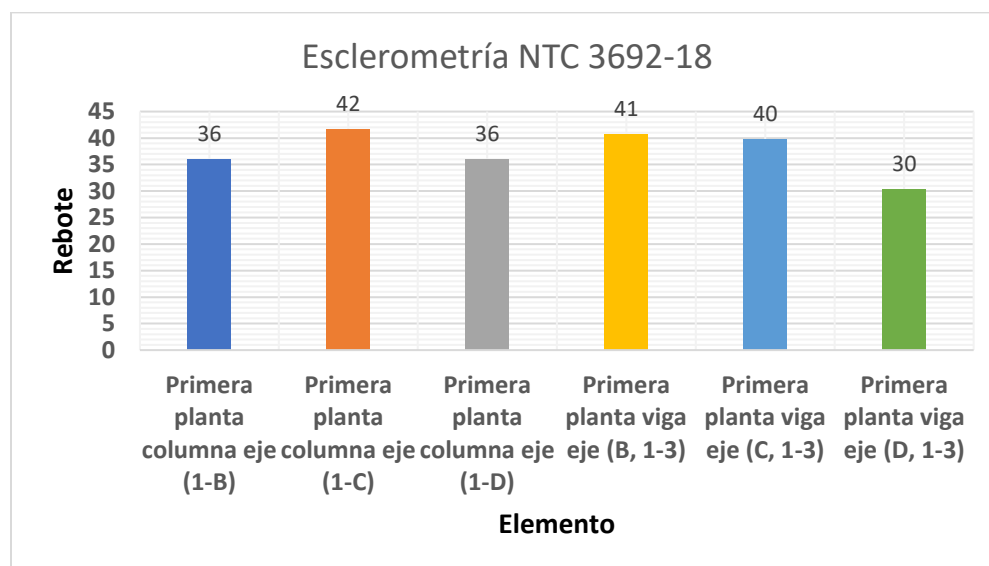


Figura 20 Valores de rebote para diferentes elementos

La prueba del pulso ultrasónico es una prueba “no destructiva” que se encuentra normalizada por la ASTM C-597-97 (NTC 4325), prueba que se basa en la propagación de ondas, teniendo en cuenta que en la medida que el medio es más denso, mayor es la velocidad de propagación de la onda. Es importante tener en cuenta que de acuerdo con la configuración de los elementos a revisar las lecturas de velocidad de propagación de la onda se pueden realizar de manera directa o indirecta.

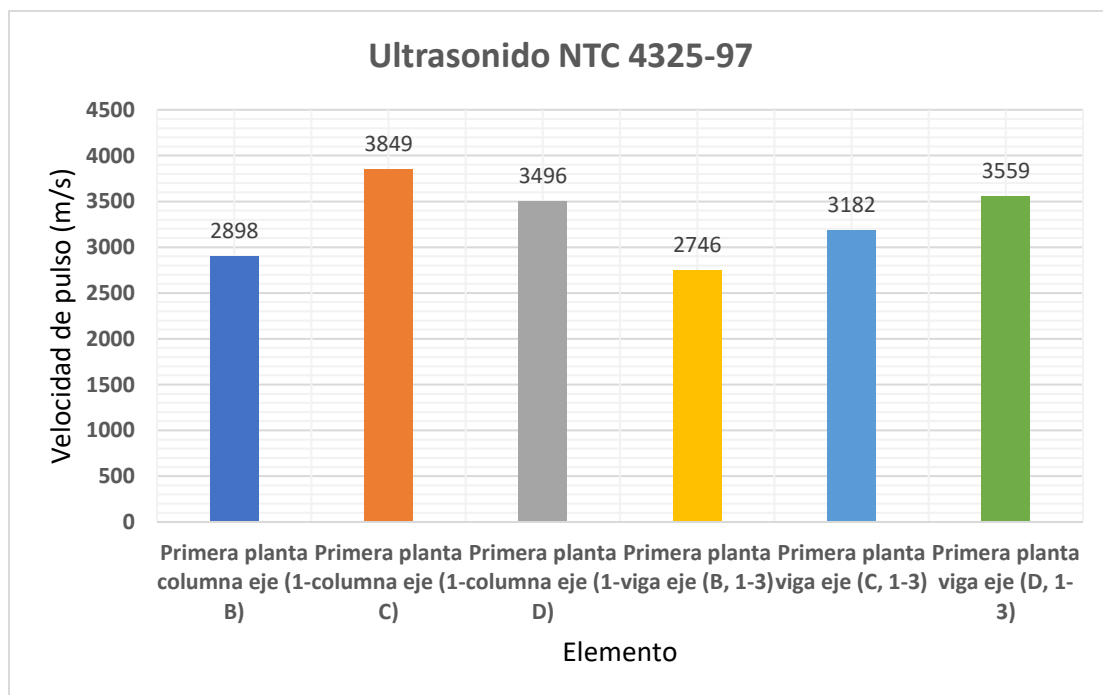


Figura 21 Valores de VPU

De acuerdo con la NSR-10 la obtención de núcleos se debe permitir en estructuras de las cuales se tengan dudas de su capacidad portante y de acuerdo con lo descrito en la NTC 3658, para la evaluación de este tipo de muestras la NSR-10 cita lo siguiente “El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual

al 85 por ciento de f_c' , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75 por ciento de f_c' . Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

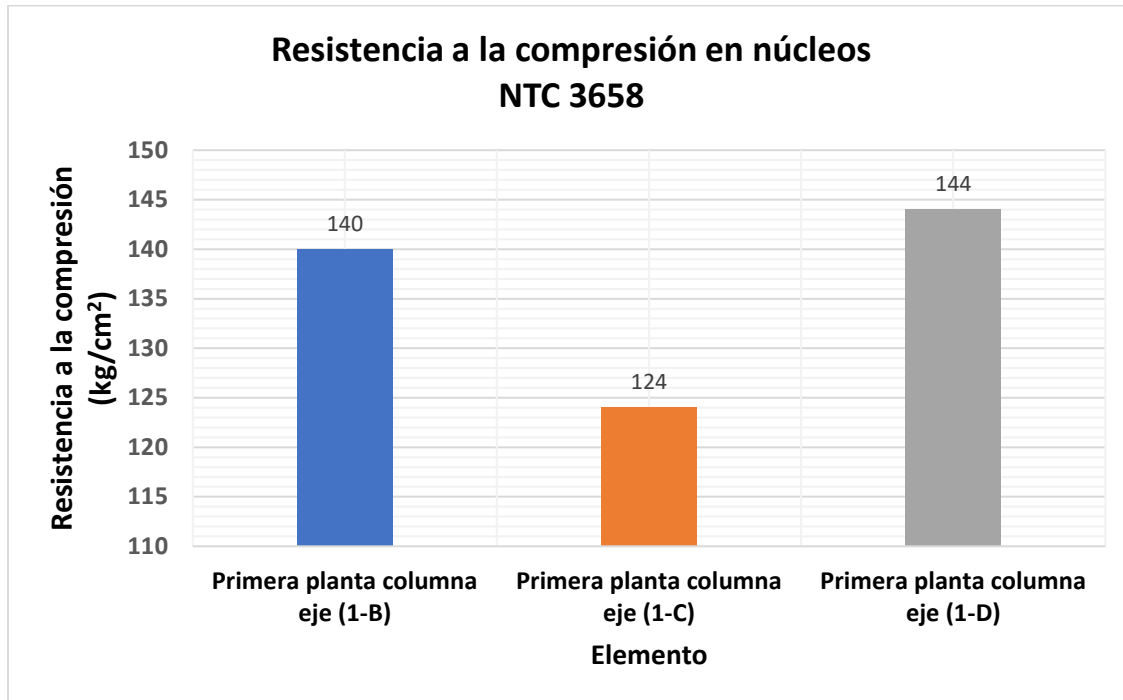


Figura 22 Resistencia a la compresión en núcleos

De acuerdo con lo anterior la resistencia promedio de las probetas tomadas en sitio fue de 136 kg/cm² o 13,6 MPa, que para efectos de este estudio se tomará como 14 MPa este valor obtenido mediante núcleos extraídos y será tomado como referencia para determinar si existe un modelo de correlación de ensayos no destructivos que permita determinar la resistencia in situ sin la necesidad de lesionar físicamente la estructura extrayendo núcleos a todos los elementos del sistema portante.

Tomando como referencia a (Hernández & Cuetara, 2023) los modelos SonReb de algunos autores arrojan errores inferiores al 4% con respecto al valor de resistencia, esta publicación es delimitada para la

fabricación de hormigones con cementos y agregados cubanos sin embargo los modelos de forma experimental podrían ser extrapolados a otras regiones manteniendo la metodología de estudio.

Equipamiento empleado

Para los ensayos no destructivos se utilizó un Esclerómetro digital Proceq Schmidt Type N y la superficie recibió un alistamiento de acuerdo con la NTC 3692-18, el registro de datos en campo se llevó a cabo de forma manual, como medidor de pulso ultrasónico se utilizó un ultrasonido Proceq modelo PL2 , la técnica de medición del pulso fue por método indirecto y se usó un pachómetro para la detección del acero de refuerzo.



Figura 23 Equipamiento en obra

Resultados y discusión

Para una mejor interpretación de los resultados a continuación se presenta una tabla resumen de los resultados para cada elemento del pórtico que fue analizado. La velocidad del pulso ultrasónico se encuentra en unidades de m/s y el índice de rebote es un valor adimensional.

Primera planta columna eje (1-B)		Primera planta columna eje (1-C)		Primera planta columna eje (1-D)		Primera planta viga eje (B, 1-3)		Primera planta viga eje (C, 1-3)		Primera planta viga eje (D, 1-3)	
VPU (m/s)	IE	VPU (m/s)	IE	VPU (m/s)	IE	VPU (m/s)	IE	VPU (m/s)	IE	VPU (m/s)	IE
2898	36	3849	42	3496	36	2746	41	3182	40	3559	30

Tabla 4 Tabla resumen de ensayos no destructivos

VPU: Velocidad de pulso ultrasónico

IE: Índice esclerométrico

Con el resumen de los resultados se procede a llevar a cabo el análisis de cada uno de los modelos de acuerdo con las ecuaciones encontradas en (Hernández & Cuetara, 2023).

Año	Autor	Ecuación	Unidades (fc, VPU)	Tipo de correlación
1979	Bellander (Bellander, 1979)	$f_c = -25.568 + 0.000635IE^3 + 8.397VPU$	MPa, km/s	Polinomial
1979	Meynink <i>et al.</i> (Meynink and Samarin, 1979)	$f_c = -24.668 + 1.427IE + 0.0294VPU^4$	MPa, km/s	Polinomial
1993	RILEM (RILEM NDT 4, 1993)	$f_c = 9.27 \times 10 - 11.11IE^{1.4} \times VPU^{2.6}$	MPa, m/s	Potencia
1994	Tanigawa <i>et al.</i> (Faella, <i>et al.</i> , 2011)	$f_c = 0.9IE + 0.022VPU - 0.94$	MPa, m/s	Lineal
1996	Arioglu & Köylüoğlu (Arioglu and Köylüoğlu, 1996)	$f_c = 0.00153 \times (IE^3 \times VPU^4)^{0.611}$	MPa, km/s	Potencia
1996	Ramyar <i>et al.</i> (Ramyar and Kol, 1996)	$f_c = -39.570 + 1.532IE + 5.0.614VPU$	MPa, km/s	Lineal
1999	Kheddar <i>et al.</i> (Kheddar, 1999)	$f_c = 0.0158IE^{1.1171} \times VPU^{0.4254}$	MPa, m/s	Potencia
2020	Chandak & Kumavat (Chandak and Kumavat, 2020)	$f_c = 0.0841IE^{-0.572} \times VPU^{0.945}$	MPa, m/s	Potencia

Figura 24 Ecuaciones de correlación SonReb

Autor	ID	F'c media (MPa)	Desviación estándar (MPa)
Bellander Bellander,1979)	fc1	36,3	10,7
Meynink et al. (Meynink and Samarin, 1979)	fc2	32,4	6,1
RILEM (RILEM NDT 4, 1993)	fc3	16,4	6,2
Arioglu & Köylüoglu (Arioglu and Köylüoglu, 1996)	fc4	22,0	8,7
Ramyar et al. (Ramyar and Kol, 1996)	fc5	30,6	6,1
Khedar et al. (Khedar, 1999)	fc6	28,3	3,7
Chandak & Kumavat (Chandak and Kumavat, 2020)	fc7	22,4	3,3

Tabla 5 Resistencia obtenida de acuerdo con diferentes autores

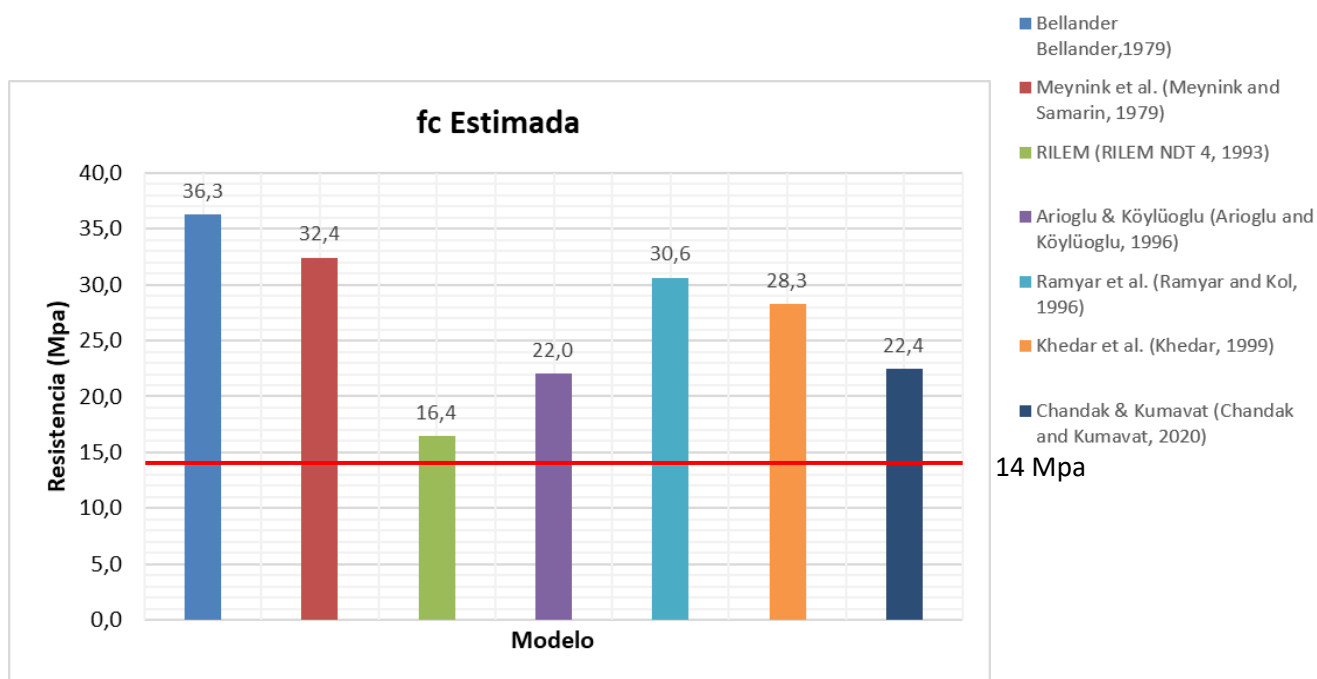


Figura 25 Modelo de correlación

Tomando como referencia los resultados obtenidos, así como la correlación con los modelos planteados por diferentes autores es posible concluir que el modelo RILEM (RILEM NDT 4, 1993) es el que más se ajusta a los datos obtenidos de forma experimental y este podría ser usado en campo con un rango de error que se grafica a continuación

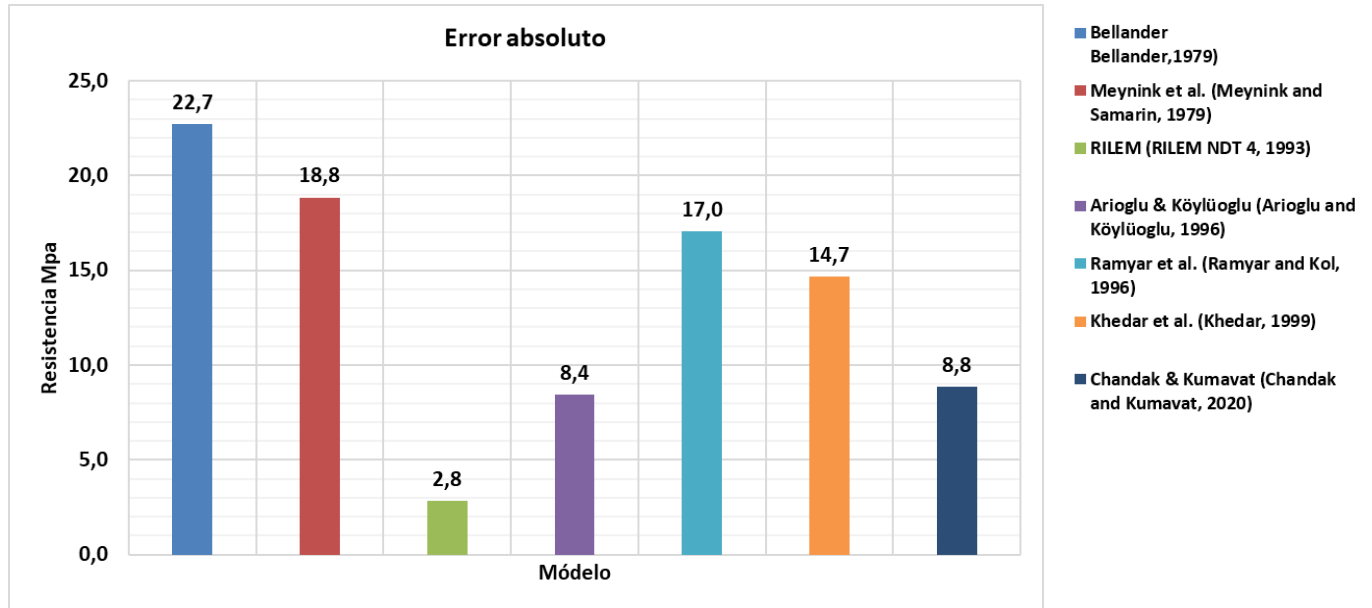


Figura 26 Error absoluto del modelo

A partir de este valor absoluto, se puede concluir que para cualquier valor de resistencia determinado in situ mediante ensayos no destructivos, la variación sería de - 2,8 MPa, lo que equivale al 85% de la resistencia estimada.

A partir de este valor absoluto, se puede concluir que para cualquier valor de resistencia determinado in situ mediante ensayos no destructivos, la variación sería de -2,8 MPa, lo que equivale al 85% de la resistencia estimada.

Cronograma

El cronograma elaborado abarca la Etapa de Patología del Proyecto, desde la recolección de datos, las visitas de campo hasta la evaluación y análisis de los resultados.

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

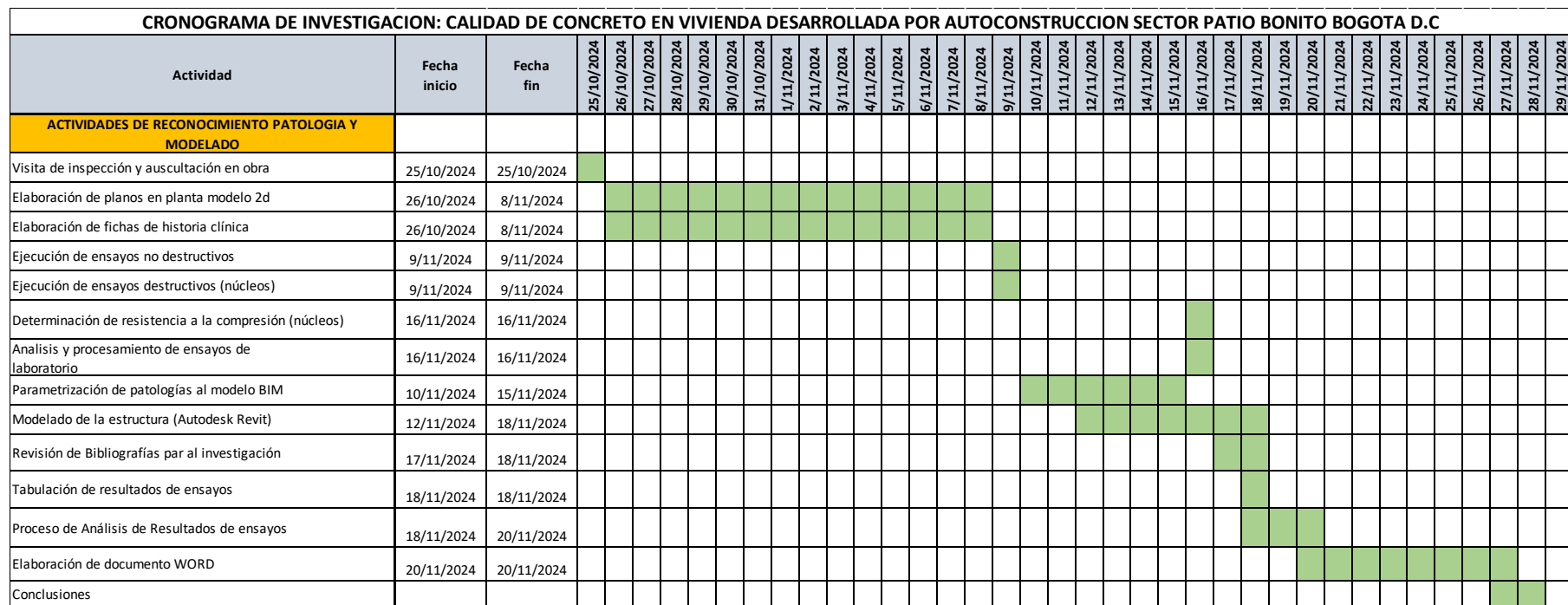


Figura 27 Cronograma de la investigación

Presupuesto

El presupuesto Incluye los costos asociados a la investigación, desde el transporte hasta los ensayos de laboratorio.

PRESUPUESTO DE GASTOS VISITAS DE RECONOCIMIENTO Y ENSAYOS PARA PATOLOGIA VIVIENDA PATIO BONITO - LOCALIDAD KENNEDY-BOGOTA D.C				
Fecha: Noviembre de 2024				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VR UNITARIO	VALOR TOTAL
GASTOS DE TRASLADO Y VIATICOS				
Combustible vehículo particular 40 KM / GAL (Recorrido 570 km)	GL	8	\$ 15.570	\$ 124.560
Conductor	día	2	\$ 80.000	\$ 160.000
Transporte muestras	Un	1	\$ 70.000	\$ 70.000
Gastos alimentación	UN	6	\$ 40.000	\$ 240.000
GASTOS DE LOGÍSTICA INSPECCIÓN VISUAL				
Alquiler una eslinga y una línea de Vida	DIAS	2	\$ 35.000	\$ 70.000
Metro, decámetro, nivel laser, herramienta menor	UN	1	\$ 80.000	\$ 80.000
Cascos de protección	UN	3	\$ 17.000	\$ 51.000
Herramienta menos, Higrómetro, botiquín, agua	UN	1	\$ 100.000	\$ 100.000
GASTOS DESPLAZAMIENTO Y VIÁTICOS VISITAS				\$ 895.560
GASTOS DE PERSONAL				
PROFESIONALES Y PERSONAL AUXILIAR	HORA	60	\$ 70.000	\$ 4.200.000
MODELADOR 3 D	HORA	30	\$ 70.000	\$ 2.100.000
TOTAL GASTOS PERSONAL				\$ 6.300.000
GASTOS DE ENSAYOS				
ULTRASONIDOS	UN	6	\$ 58.000	\$ 348.000
ESCLEROMETRIA	UN	6	\$ 38.000	\$ 228.000
PARTICULAS MAGNÉTICAS	UN	2	\$ 81.833	\$ 163.666
ENSAYO DESTRUCTIVO Ensayo destructivo sobre una muestra de perfil laminado	UN	3	\$ 500.000	\$ 1.500.000
TOTAL VALOR ENSAYOS				\$ 2.239.666
PRODUCCION INFORME	UN	1	\$ 300.000	\$ 300.000
PRESUPUESTO TOTAL				\$ 9.735.226

Figura 28 Presupuesto del proyecto de investigación



Conclusiones

A partir de la investigación realizada sobre la resistencia del concreto utilizado en la construcción de viviendas de origen informal en el sector de Patio Bonito, localidad de Kennedy, Bogotá, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Según la NSR-10, el concreto estructural debe cumplir con una resistencia característica a compresión mínima de $f'c=17.5$ MPa para garantizar la capacidad de carga y ductilidad en edificaciones convencionales. Los resultados obtenidos en los ensayos destructivos arrojan un valor de 14 MPa que indica un incumplimiento significativo de este requerimiento, lo que compromete la seguridad estructural de la edificación. Por lo tanto, este déficit afecta tanto la resistencia ante cargas gravitacionales como el comportamiento frente a eventos sísmicos, aumentando el riesgo de falla estructural.
2. En el presente estudio se pudo evaluar con diferentes modelos SonReb para estimar la resistencia a compresión en elementos de hormigón armado (inicialmente este estudio se desarrolló en Cuba), sin embargo ha demostrado ser confiables para aplicar el modelo en el análisis de concretos de otros países. En el presente estudio se realizaron mediciones del índice esclerométrico y la velocidad del pulso ultrasónico en 3 columnas y 3 vigas de la edificación en estudio. Se analizaron 7 modelos, de los cuales los propuestos por RILEM mostraron un error inferior al 4% en comparación con el valor de referencia, determinado mediante la rotura de probetas. Los resultados obtenidos demuestran la viabilidad de utilizar estos modelos para estimar la resistencia a compresión del hormigón, empleando materiales nacionales.



3. Se estableció una correlación significativa del 85% RILEM (RILEM NDT 4, 1993) basados en el gráfico de error absoluto entre los resultados obtenidos mediante los ensayos destructivos (extracción de núcleos) y los ensayos no destructivos (esclerometría y ultrasonido). Aunque los métodos no destructivos tienden a sobrestimar o subestimar ligeramente la resistencia real del concreto en comparación con los ensayos destructivos, demostraron ser herramientas eficaces para estimar la calidad del concreto sin comprometer la integridad de la estructura. Esto sugiere que los métodos no destructivos pueden ser útiles en el diagnóstico preliminar de la calidad del concreto en viviendas informales, donde el acceso a pruebas destructivas podría ser limitado o costoso.
4. Los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos han mostrado una considerable variabilidad en la calidad del concreto utilizado en las viviendas de autoconstrucción. La resistencia del concreto varió significativamente entre las muestras, lo que sugiere que el material empleado en este tipo de construcción no sigue un estándar constante en cuanto a su calidad, posiblemente debido a factores como la falta de control en la mezcla, la variabilidad en los materiales y la escasa supervisión en el proceso constructivo.
5. Los métodos no destructivos, particularmente la esclerometría y los ultrasonidos, han demostrado ser herramientas viables y relativamente confiables para evaluar la resistencia del concreto en viviendas construidas mediante autoconstrucción. La esclerometría, al ser un método rápido y económico, permite obtener datos inmediatos sobre la dureza superficial del concreto, mientras que el ultrasonido, al ofrecer una

evaluación más profunda de la estructura del material, complementa esta información, permitiendo una mejor comprensión de la calidad general del concreto.

6. Basado en los hallazgos obtenidos, se recomienda que en futuras investigaciones se amplíe el número de muestras y se utilicen otras técnicas complementarias que permitan un análisis más detallado de la resistencia del concreto. Además, es crucial promover el uso de métodos no destructivos en la evaluación de viviendas de autoconstrucción, ya que su implementación podría ser una herramienta accesible y económica para la identificación temprana de problemas estructurales, contribuyendo a mejorar la seguridad en viviendas informales. También es fundamental fomentar la capacitación en técnicas básicas de proporción de materias primas para la producción de hormigón y técnicas adecuadas en el control de calidad en este tipo de construcciones.
7. Esta investigación proporciona una mejor comprensión de los riesgos asociados con la calidad del concreto en viviendas de autoconstrucción en áreas como Patio Bonito, donde la seguridad estructural podría estar comprometida debido a la falta de normativas y controles en la construcción. Los resultados obtenidos resaltan la necesidad de mejorar las prácticas constructivas en estas zonas, adoptando estándares más rigurosos de calidad y control del concreto para garantizar la seguridad de los habitantes.
8. En conclusión, esta investigación demuestra que, aunque el concreto en las viviendas informales puede presentar una calidad variable, los ensayos no destructivos constituyen una herramienta válida y eficaz para la evaluación de la resistencia del material. Sin embargo, es necesario continuar con esfuerzos que promuevan mejores prácticas en la construcción de viviendas de autoconstrucción, para reducir los riesgos



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

Estudio de la calidad del concreto en estructura de vivienda multifamiliar desarrollada por autoconstrucción en el sector de Patio Bonito Bogotá DC.

asociados con la utilización de materiales de baja calidad y mejorar la seguridad

estructural en estos entornos.



Bibliografía

Borja Suárez, M. (2021). Correlación entre la resistencia real del concreto y el ensayo no destructivo de. *TecnoHumanismo. Revista Científica*.

Certificación, I. C. (17 de 10 de 2018). Método para la obtención y ensayo de núcleos extraídos y vigas de concreto aserradas. *Norma Técnica Colombiana NTC 3658*.

EMERGENCIAS, F. D. (07 de 2009). ESTUDIO PARA LA IDENTIFICACION DE PATOLOGIAS CONSTRUCTIVAS Y DEFINICIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD FÍSICA EN LOS ESCENARIOS DE LADERA Y ALUVIAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

IDIGER, I. D. (2021). *PROYECTO ACTUALIZACIÓN DEL COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*.

Melo, E. C. (2018). *PROLIFERACIÓN DE ASENTAMIENTOS ILEGALES EN BOGOTÁ D.C.*

Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente*.

Ramírez, H. S. (02 de 12 de 2014). Reducción de la vulnerabilidad sísmica en viviendas por desarrollo progresivo con mampostería no armada.

Sísmica, A. C. (2023). *AIS 410-23 Evaluación y Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica en Viviendas de Mampostería*.

Valbuena Porras, S., Mena Serna, M., & García Ubaque, C. (2013). Características típicas de la vivienda.