



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE
PATOLOGÍAS QUE PUEDE EXPONER UN HORMIGÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: LENIN SEBASTIAN SOLIZ MIRANDA

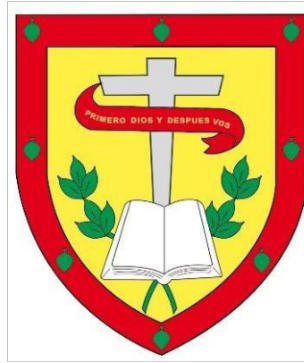
JOSÉ DAVID ULLOA AGUILAR

DIRECTOR: ING. LUIS MARIO ALMACHE SANCHEZ

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE
PATOLOGÍAS QUE PUEDE EXPONER UN HORMIGÓN

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: LENIN SEBASTIAN SOLIZ MIRANDA

JOSÉ DAVID ULLOA AGUILAR

DIRECTOR: ING. LUIS MARIO ALMACHE SANCHEZ

CUENCA - ECUADOR

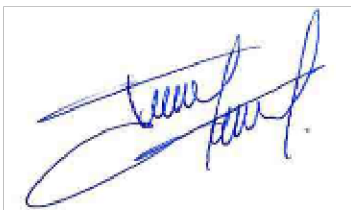
2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Lenin Sebastián Soliz Miranda y José David Ulloa Aguilar portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0105872931 y N° 0105994909. Declaramos ser los autores de la obra: “Mecanismos de evaluación y diagnóstico de patologías que puede exponer un hormigón”, sobre la cual nos hacemos responsables sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaramos que la misma hemos elaborado respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaramos finalmente que nuestra obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también nos responsabilizamos y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 21 de febrero de 2022



F:
José David Ulloa Aguilar
0105994909



F:
Lenin Sebastián Soliz Miranda
0105872931

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. M. Sc Luis Mario Almache Sánchez certifico la presente investigación MECANISMOS DE EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE PATOLOGÍAS QUE PUEDE EXPONER UN HORMIGÓN realizado por el señor Lenin Sebastián Soliz Miranda y José David Ulloa Aguilar Egresados de la Facultad de Ingeniería Civil pertenecientes a la Unidad Académica De Ingeniería, Industria y Construcción, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédita.

A handwritten signature in black ink, enclosed in a thin black rectangular border. The signature is stylized and appears to read 'Luis Mario Almache Sánchez'.

Ing. M.Sc. Luis Mario Almache Sánchez

TUTOR

DEDICATORIA

Lenin

Dedico este trabajo de titulación a mis padres ya que sin ellos no hubiese podido llegar hasta donde estoy con su gran apoyo durante toda mi vida y mi carrera, sin importar cualquier adversidad que se haya presentado en el camino.

José

Esta tesis dedico a mis padres quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ya que ellos siempre han estado presentes para apoyarme a lo largo de mi carrera y me han permitido acontecer este logro.

AGRADECIMIENTO

Lenin

Agradezco a dios por dirigirme por buen camino y darme la fuerza para terminar mis estudios, igualmente agradezco a mis padres por estar ahí siempre cuando los necesite, con su apoyo dedicación y educación que me dieron desde niño.

Agradezco de igual manera al Ing. Luis Mario Almache por darse el tiempo para ayudarnos con este trabajo de investigación siendo guía cuando lo necesitábamos, encaminando esta tesis de la mejor manera.

Igualmente agradezco al ingeniero Marcos González y a la ingeniera Fabiola Uday por brindarnos su ayuda en el laboratorio los cuales fueron piezas claves para el avance de este trabajo de titulación.

Finalmente agradezco a la Universidad Católica de Cuenca por su excelente enseñanza durante toda la vida universitaria por darnos las herramientas y materiales para realizar la tesis.

José

Agradezco primeramente a Dios por guiarme y brindarme la fuerza y sabiduría para llegar a culminar mis estudios. Agradezco también a mis padres por todo el esfuerzo, tiempo, dedicación y educación, que me brindaron durante mis estudios y que aún lo siguen haciendo.

Agradezco de igual manera al Ing. Luis Mario Almache, por el tiempo brindado para hacer de este trabajo de investigación un logro y que ha sido guía en todo momento para encaminar este estudio de la mejor manera.

Finalmente agradezco a la Universidad Católica de Cuenca por sus buenas enseñanzas y por las personas que puso en mi camino a lo largo de mi carrera.

RESUMEN

Sin duda, uno de los materiales más importantes en la construcción y por si, en la ingeniería civil es el cemento y el hormigón como tal, por ello existe una rama fundamental en la ingeniería civil que estudia las propiedades de los materiales utilizados en las obras y proyectos de ingeniería civil como el concreto, esta es la ingeniería de materiales, la cual es muy significativa debido a que con esta se analiza y diseña proyectos de construcción, misma que ayuda a encontrar nuevos avances tanto de mejora como de selección de materiales.

Debido a que, de acuerdo a la exposición de diferentes factores a las que se ve sujeta una construcción de hormigón, se pueden presentar variaciones en su resistencia y por ende presentar a futuro patologías, que pueden resultar peligrosas tanto para la edificación como para la vida de las personas.

Por consiguiente, el análisis de las patologías se realiza por medio de diferentes estudios y ensayos a los que tiene que ser expuesto una muestra que ha sido seleccionada por medio de extracción de núcleo, la cual a futuro es utilizada en prácticas tanto físicas como químicas, que nos ayuden a determinar si la edificación con el transcurso del tiempo, el tiempo de exposición a factores extrínsecos y la calidad de materiales en uso, realmente causan una patología.

Finalmente, este trabajo ha sido útil para reconocer, analizar e iniciar nuevas formas de tecnología para la determinación de patologías en el hormigón y que sea de ventana para estudios a futuro.

Palabras clave: hormigón, ensayos, patologías, resistencia, estructura

ABSTRACT

Undoubtedly, one of the most important materials in civil engineering construction is cement and concrete as such, therefore there is a fundamental branch in civil engineering that studies the properties of the materials used in civil engineering works and projects such as concrete, this is materials engineering, which is very significant because it is used to analyze and design construction projects, which helps to find new advances in both improvement and selection of materials. Because, according to the exposure of different factors to which a concrete construction is subjected, variations in its resistance can occur and therefore present pathologies in the future, which can be dangerous both for the building and for people's lives. Therefore, the analysis of pathologies is carried out using different studies and tests to which a sample that has been selected through core extraction has to be exposed, which in the future is used in both physical and chemical practices, which help us to determine if the building with time exposure to extrinsic factors and the quality of materials in use, really cause a pathology. Finally, this work has been useful to recognize, analyze and initiate new forms of technology for the determination of pathologies in concrete and to be a window for future studies.

Keywords: concrete, testing, pathology, strength, strength, structures

ÍNDICE DE CONTENIDO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
<i>Keywords: concrete, testing, pathology, strength, strength, structures</i>	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
CAPITULO I	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1. INTRODUCCION	1
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2. Definiciones generales del concreto	5
2.1 Concepto.....	5
2.1.1 Historia.....	5
2.1.2 Características del concreto como material de construcción	7
2.1.3 Ventajas y desventajas del concreto dentro de la construcción	8
2.2 Patologías en las estructuras de concreto	10
2.2.1 Concepto	10
2.2.2 Tipos de patologías	11
2.3 Investigación de técnicas y métodos de patologías en estructuras de concreto	20
2.3.1 Técnicas y ensayos de reconocimiento.....	20
2.4 Ensayos Físicos.....	20
2.4.1 Extracción de núcleo.....	20
2.4.2 Esclerómetro	21
2.4.3 Carga axial	22
2.5 Ensayos Químicos.....	23
2.5.1 Carbonatación	23

2.5.2 Contenido de materia orgánica	24
2.5.3 Humedad relativa.....	25
2.5.4 Determinación de cloruros.....	25
2.6 Equipos a utilizar en los ensayos para la determinación de las patologías en concreto	26
CAPITULO III	29
METODOLOGÍA.....	29
3 Trabajo de campo y laboratorio.....	29
3.1 Definición de ubicación de puntos de estudio	29
3.2 <i>Ensayos en campo</i>	29
3.3 Ensayos en laboratorio físico	29
3.3.1 Extracción del núcleo.....	29
3.3.2 Esclerometría	32
3.3.3 Carga Axial	40
3.3.4 Humedad Relativa.....	48
3.4 Ensayos en laboratorio químico	54
3.4.1 Carbonatación	54
3.4.2 Cantidad de Materia Orgánica	57
3.4.3 Determinación de Cloruros y Sulfatos	65
CAPITULO IV	72
4 RESULTADOS GENERADOS	72
4.1 Interpretación y Análisis de los resultados obtenidos de los ensayos físicos	72
4.2 Interpretación y análisis de los resultados obtenidos de los ensayos químicos.....	83
4.3 Conclusiones y Recomendaciones.....	87
4.3.1 Conclusiones.....	87
4.3.2 Recomendaciones.....	90
Bibliografía	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del concreto	7
Tabla 2. Ventajas y desventajas del concreto dentro de la construcción	9
Tabla 3. Tipos de patología	11
Tabla 4. Nivel de severidad en patologías del concreto.....	18
Tabla 5. Equipos empleados para pruebas de patologías en concreto.....	26
Tabla 6. Equipos utilizados en pruebas para la determinación de patologías en el concreto	27
Tabla 7. Número de muestra con su respectivo resultado dado por el esclerómetro.....	33
Tabla 8. Valor promedio entre los datos obtenidos.	34
Tabla 9. Valores de corrección según sea la inclinación.	35

Tabla 10.	Valores de α_n según sea la edad de nuestras muestras.....	38
Tabla 11.	Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del cilindro	41
Tabla 12.	Resultado de ensayo de compresión de cilindro grande, capa inferior.	46
Tabla 13.	Resultado del ensayo de compresión en el cilindro pequeño, capa superior.....	48
Tabla 14.	Tabla indicadora de colores	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Sello de junta.....	12
Ilustración 2.	Desprendimiento.....	13
Ilustración 3.	Grietas.....	14
Ilustración 4.	Fisuras	16
Ilustración 5.	Erosión	17
Ilustración 6.	Vegetación.....	17
Ilustración 7.	Análisis de la resistencia del concreto por medio de la extracción de núcleo	21
Ilustración 8.	Esclerómetro	22
Ilustración 9.	Indicador de carbonatación de la prueba del arcoíris.....	24
Ilustración 10.	Muestra de núcleos extraídos en Indurama	30
Ilustración 11.	Muestra de núcleos extraídos en Indurama	32
Ilustración 12.	Tabla de corrección de valores según el ángulo de inclinación	35
Ilustración 13.	La superficie de la muestra se encuentra seca.	37
Ilustración 14.	Ruptura de cilindro grande	44
Ilustración 15.	Resultado de la muestra después del ensayo	44
Ilustración 16.	Gráfico de la curva de deformación según la fuerza empleada en el cilindro grande...45	45
Ilustración 17.	Agregados con tamaños muy grandes.	46
Ilustración 18.	Ruptura de cilindro pequeño	47
Ilustración 19.	Gráfico de la curva de deformación según la fuerza empleada en el cilindro pequeño47	47
Ilustración 20.	Introduciendo la muestra a la trituradora.....	50
Ilustración 21.	Se indica las bolas de acero que trituran las muestras de hormigón.	50
Ilustración 22.	Finalmente, las probetas de hormigón quedan en ese estado.	51
Ilustración 23.	Muestra 1 en estado natural antes del secado.....	52
Ilustración 24.	Resultado del peso de la muestra 1 posterior al secado.....	53
Ilustración 25.	Peso de la muestra 2 antes del secado.	53
Ilustración 26.	Peso de la muestra 2 después del secado.....	54
Ilustración 27.	Muestras para ensayo de carbonatación.	55
Ilustración 28.	Muestras roseadas para ensayo de carbonatación.	57
Ilustración 29.	Resultado de ensayo de carbonatación.	57

Ilustración 30.	Embaces utilizados en el ensayo.....	59
Ilustración 31.	Solución de ácido sulfúrico utilizado en el ensayo.	60
Ilustración 32.	Muestras a someterse a ensayos de contenido de materia orgánica.	61
Ilustración 33.	Hidróxido de cloro.	61
Ilustración 34.	Ensayo solución de color de referencia.....	62
Ilustración 35.	Solución de color para muestra 2.....	63
Ilustración 36.	Ensayo referencia color de vidrio.	64
Ilustración 37.	Referencia de color de vidrio para muestra 2.....	64
Ilustración 38.	Procedimiento ensayo obtención de cloruros.	67
Ilustración 39.	Procedimiento ensayo obtención de cloruros.	67
Ilustración 40.	Reactivos ensayo obtención de cloruros.....	68
Ilustración 41.	Ensayo obtención de sulfatos.	69
Ilustración 42.	Muestras de sulfatos.	70
Ilustración 43.	Muestra #1.....	73
Ilustración 44.	Muestra #2.....	73
Ilustración 45.	Muestra #3.....	74
Ilustración 46.	Muestra #4.....	74
Ilustración 47.	Muestra #5.....	75
Ilustración 48.	Muestra #6.....	75
Ilustración 49.	Muestra #7.....	76
Ilustración 50.	Muestra #8.....	76
Ilustración 51.	Muestra #9.....	77
Ilustración 52.	Muestra #10.....	77
Ilustración 53.	Resultado arrojado por el equipo de compresión del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca	79
Ilustración 54.	Resultado arrojado por el equipo de compresión del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca	81
Ilustración 55.	Presencia de Carbonatación muestra #1	83
Ilustración 56.	Presencia de Carbonatación muestra #2	84
Ilustración 57.	Resultado de materia orgánica muestra #1.	85
Ilustración 58.	Resultado de materia orgánica muestra #2	85
Ilustración 59.	Decantación de las muestras para observar presencia de cloruros y sulfatos.	86
Ilustración 60.	Resultado de la muestra. No se observan residuos en el líquido de las muestras.	87

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. INTRODUCCION

Con los diversos desarrollos existe el constante crecimiento de las ciudades en las cuales se ven inmersas las ciudades haciendo que el ingeniero civil tenga uno de los papeles más importantes en este aspecto, ya que con la construcción viene el progreso. El Ingeniero civil busca satisfacer las necesidades que se van presentando según el pasar del tiempo, este se encarga de la proyección, planeación, construcción y funcionamiento de las diferentes obras civiles como son: hospitales, viviendas, carreteras, hidroeléctricas, escuelas, etc.

El mundo y el ingeniero civil como tal están en constantes avances tecnológicos y por ello en cambios. Los adelantos y desarrollo en la exploración de materiales y herramientas han hecho que las obras civiles de poca y gran magnitud sean más confiables y seguras, por ello la carrera de ingeniería civil tiene una rama llamada ingeniería en materiales la cual es de gran importancia debido a que estudia los materiales de construcción para poder conocer las características y comportamientos que presentan los mismos, los cuales van a ser utilizados en las diferentes obras civiles.

Con el pasar de los años se ha observado como el hormigón ha sido un material indispensable en la construcción, y el más utilizado, por lo mismo este se ha enfrentado a diferentes factores los cuales han hecho que presente problemas, llevando al colapso en las estructuras o simplemente afectando la función para la cual fue diseñada, esto ha producido grandes pérdidas económicas e incluso hasta vidas.

Por este motivo se toma al hormigón como material objeto de estudio con el fin de realizar un análisis minucioso de sus patologías y características, mediante métodos directos e indirectos, los cuales brindaran los parámetros necesarios para una correcta utilización, producción y mantenimiento de hormigón en cualquier tipo de obra.

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

En el presente trabajo de investigación se analizó el comportamiento adecuado e inadecuado por causas patológicas que se encuentren en el hormigón dentro de cualquier tipo de obra, para ello se llevará a cabo varios ensayos, siendo estos físicos y químicos, en los que se determinará el estado de una estructura y posterior a los ensayos se obtendrá los resultados que nos indicarán si un hormigón está cumpliendo con su labor o presenta fallas, las que deben ser reparadas o sometidas a un mantenimiento.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La seguridad y el mantenimiento de una estructura sin importar del material utilizado se debe considerar de suma importancia para su conservación en el tiempo ya que esto es algo primordial para la seguridad de la sociedad en ciertas edificaciones como hospitales, iglesias, centros educativos, etc.

Dentro de nuestro trabajo de investigación el mantenimiento y reparación de una patología de una estructura es algo que se trata de hacer caer en cuenta tanto a los propietarios como los mismos técnicos, que no se debe reservar en el tema económico, debido a la importancia que resulta que una estructura se encuentre en un buen estado, ya que resulta más económico reparar una falla que reemplazar todo un sistema estructural, y en cierto casos son consideradas como

obras patrimoniales en las que no es permitido que cambie sus diseño arquitectónico.

El mantenimiento de las estructuras es un punto muy importante que no es considerado dentro del área de construcción ya que es omitido en el estudio previo que se realizó al momento del diseño, esta razón se da por el paso de los años y que las estructuras de hormigón presentan patologías de diferentes maneras ocasionando esto una amenaza al hormigón, lo que podría llegar a un colapso; dichas enfermedades pueden ser tal vez insignificantes con los años pueden convertirse en un problema de mayor magnitud.

Para nuestro trabajo presentamos algunos de los métodos que se pueden utilizar para realizar el estudio de las patologías en el hormigón, ya que es de conocimiento que, en nuestro medio casi no se realiza este tipo de ensayos por lo que este documento y la información recopilada será muy importante para estudios a futuro.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo General

Determinar mecanismos de evaluación y diagnóstico de patologías que se puede presentar en las estructuras de hormigón.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar la extracción de núcleos de hormigón para realizar los ensayos físicos y químicos establecidos.
- Realizar los ensayos de esclerometría.

- Someter las muestras a compresión.
- Experimentar ensayo de carbonatación.
- Verificar el contenido de materia orgánica.
- Determinar cloruros en la muestra.
- Analizar los resultados obtenidos y con ello la presencia de las diferentes patologías encontradas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. Definiciones generales del concreto

2.1 Concepto

De acuerdo con, Sánchez de Guzmán (2001), Pacheco (2017), el concreto hace referencia a la combinación de agua, aglutinante, aditivos y materiales de relleno, que con el transcurso del tiempo se endurecen formando un elemento sólido el cual llega a tolerar diferentes fuerzas aplicadas de compresión.

Por su parte, Adrianzén y Cruz (2020), mencionan al cemento como una de las materias primas principales que conjuntamente con agua, aditivos y agregados proporcionan al concreto características de adherencia y que en un tiempo corto llega a endurecerse, lo que favorece para el área de la construcción. No obstante, a pesar de que el concreto puede resistir a diversos grados de compresión, no obtiene los mismos resultados ante la flexión o la tracción.

2.1.1 Historia

Según Sánchez de Guzmán (2001), la historia del concreto, data desde el inicio de las primeras civilizaciones, puesto que el ser humano siempre ha tenido la necesidad de construir espacios para protegerse y descansar. Para las primeras mezclas se empleaban elementos como arena, cal, arcilla y agua, las cuales conjuntamente con rocas y piedras se formaban las primeras paredes. Si bien no existe una fecha exacta de cuando se desarrolló el primer aglomerante, se presume que su descubrimiento se dio de manera posterior al descubrimiento del fuego.

Sin embargo, Sánchez de Guzmán (2001) dice que, existen registros acerca del empleo de materiales aglomerantes en el antiguo Egipto por el año de 2690 A.C. empleados en la construcción de las pirámides como la de Gizeh, ya que se ha constatado el empleo de morteros a base de arena y yeso. Asimismo, en Roma y Grecia, dichos morteros se fueron mejorando, empleando cal viva, arena agua, y se la mezclaba con piedra fraccionada, ladrillos o tejas. No obstante, con el paso del tiempo se observaba que la caliza no presentaba la resistencia requerida, por lo que se comenzó a añadir diversos agregados como rocas de procedencia volcánica, arcillas, entre otros, dando como resultado lo que se conoce como cemento puzolánico.

Por su parte, Harmsen (2005) señala que lo que se conoce como concreto se empleó inicialmente en Roma 300 a.C., y una de las construcciones más representativas es el Panteón. Este primer concreto, conformado por ceniza de volcán y cal, principalmente, tenía la capacidad de mantener sus características incluso debajo del agua, lo que hizo popular su uso a lo largo del imperio.

Ya en la era moderna, Harmsen, (2005) alrededor del año de 1760 en Inglaterra se redescubrió la mezcla de arcilla y caliza. Más adelante en 1824, Aspdin fabricó cemento al calentar diferentes mezclas de caliza y arcilla, cuya dureza era muy similar a piedras de la localidad sureña de Inglaterra, Portland, como se conoce a un tipo de cemento en la actualidad. Ya en 1845, Johnson halló que la pulverización de la mezcla sobrecalentada daba mejores características al cemento, dicha pulverización se la conoce como Clinker.

2.1.2 Características del concreto como material de construcción

Según Cerón et al. (1996) Chan et al. (2003) indican que son las propiedades químicas y físicas de cada uno de los elementos que componen la mezcla, sin embargo, no siempre se sabe constatar la calidad de estos elementos por lo que los resultados finales suelen variar. Aspectos como la textura, forma, resistencia, adherencia, densidad, absorción, granulometría, tamaño, entre otros, de los agregados, van a condicionar factores tanto de plasticidad como de endurecimiento.

De acuerdo con Pacheco (2017), la característica del concreto va a depender de diversos factores tales como el peso específico, su aplicabilidad, composición y resistencia, tal como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación del concreto

Factor	Tipos
Según su peso específico	Ligero (1200-2000 kg/m ³). Normal (2000-2800 kg/m ³). Pesado (>2800 kg/m ³).
Según su nivel de aplicación	Simple: no cuenta con armadura, presenta buena resistencia. Armado: cuenta con acero, presenta resistencia a la flexión y compresión. Pretensado: presenta resistencia a la tracción. Tensado: presenta resistencia a la tracción.
Según su composición	Ordinario Ciclópeo: cuenta con áridos de 50cm.

	Cascotes: cuenta con ladrillos y hormigón de desechos.
	Inyectado: se agrega pasta árida.
	Aire incorporado: Inyección de aire superior al 6%.
	Ligero: 1,2 – 2 Nmm ²
	Pesado: áridos de gran densidad alta.
	Refractario: resistentes a altas temperaturas.
Según resistencia	su Convencional: 40% grava, 35% arena, 15% cemento y 10% agua.
	Alta resistencia: 41% grava, 28% arena, 20% cemento, 5% agua, 2% aditivos y 2% adiciones.

Fuente: Pacheco, 2017.

Sin embargo, Kim et al. (2016) señala que los factores antes descritos varían de acuerdo con el tipo de estructura que se va a edificar, el tipo de construcción, entre otros.

2.1.3 Ventajas y desventajas del concreto dentro de la construcción

De acuerdo con lo señalado por Sharma (2017), dentro de las principales ventajas de emplear el concreto en la construcción, radica en que resulta económico, es duradero y es un proceso relativamente rápido. Además, el concreto puede adaptarse a diferentes formas y si se encuentra reforzado con acero, se pueden diseñar estructuras resistentes a movimientos telúricos o terremotos.

No obstante, presenta ciertas desventajas, puesto que se vuelve susceptible con el agua y a temperaturas bajas, lo cual provoca la aparición de grietas y con ello la filtración de líquidos por su interior, dañando la estructura. Asimismo, posee porosidad, lo que ocasiona la aparición de moho y

decoloración. En la siguiente tabla, se encuentra de manera más detallada las ventajas y desventajas del empleo del concreto dentro de la construcción:

Tabla 2. Ventajas y desventajas del concreto dentro de la construcción

Ventajas	Desventajas
-Posee alta resistencia a la compresión, por lo que es más económico que el empleo del acero.	-Las cargas sostenidas desarrollan fluencia en las estructuras.
-El carácter monolítico da mejor apariencia y mayor rigidez a la estructura.	-El concreto elaborado con cemento Portland se integra con la presencia de sulfatos, álcalis, entre otros.
-Se puede conseguir distintos tipos de estructuras, si se refuerza debidamente.	-Si reacciona la humedad con sales solubles, se produce eflorescencias.
-Capacidad de pulverizar/bombear para rellenar grietas y revestimientos de túneles.	-Se proporcionan juntas de construcción para evitar grietas debido a la contracción por secado y la expansión por humedad.
-Facilidad para transportar desde el lugar donde se mezcla hasta el área de fundición previo al fraguado inicial.	-Cuando las estructuras son largas, se debe proporcionar juntas de expansión si hay una gran variación de temperatura en el área.
-Se manipula con facilidad, lo que permite que se moldee según la necesidad.	-Es necesario reforzar el concreto, por su baja resistencia a la tracción.

Fuente: Sharma, 2017.

2.1.5 Desarrollo evolutivo del concreto en las estructuras

Villareal et al. (2011) señala que debido a los grandes beneficios que tiene el concreto como material de construcción, ha provocado su expansión en cuanto a su uso alrededor del mundo. Gracias a su volumen, aspecto y variedad, se ha venido desarrollando nuevas tecnologías con el fin de mejorar los resultados finales en la construcción. Si bien tiempo atrás, se creía que el concreto duraba ilimitadamente, hoy en día se pueden observar diferentes estructuras que presentan deterioros provocados por la corrosión.

En ese sentido, dijo Villarreal et al. (2011) que el tiempo de vida útil del concreto depende de tres aspectos principalmente: estética, seguridad y funcionalidad. Dichos aspectos modifican la vida útil de diseño y la real. En el primer caso, se hace referencia cuando se estudian obras específicas, generalmente siguiendo las recomendaciones descritas en códigos y normas. En el caso de la vida útil real, sucede cuando la obra se ha deteriorado de manera crítica, de manera que se encuentra obsoleta para la finalidad con la que fue construida.

2.2 Patologías en las estructuras de concreto

2.2.1 Concepto

Según Rodríguez (2014) la patología del concreto hace referencia al análisis de las propiedades, procesos y procedimientos asociados a los daños o defectos que puede tener una obra realizada con concreto y con ello poder establecer soluciones. Por lo tanto, para identificar la durabilidad de la obra, es necesario estudiar las causas y principales evidencias de defectos.

Adicionalmente, Rivera (2019) indica que los defectos encontrados pueden provocar una disminución de la resistencia del concreto, con lo cual aparecen desperfectos y grietas que disminuyen el nivel estético de la obra, así como la seguridad de la misma. Una patología suele presentarse generalmente por una inapropiada dirección, gestión y planificación, asimismo, otra posible causa radica en la contratación de mano de obra sin el conocimiento básico para trabajar con concreto.

En ese sentido, Obregón (2019) señala que las patologías del concreto son asociadas a dificultades químicas como la contaminación o la presencia de distintos organismos; físicas, en el caso de variación de las condiciones climáticas, modificaciones bruscas de temperatura, entre otros; y mecánicas, asociadas a roces, golpes, exceso de carga, principalmente. A continuación, se indican los principales tipos de patologías que se presentan en las distintas estructuras.

2.2.2 Tipos de patologías

De acuerdo con Aguilar (2017), a continuación, se indican los principales tipos de patologías del concreto:

Tabla 3. Tipos de patología

ITEM	Tipos
1	Sello de junta
2	Desprendimiento
3	Grietas
4	Fisuras

5	Erosión
6	Vegetación

Fuente: Aguilar, 2017.

2.2.2.1 Sello de junta

De acuerdo, Mogollón (2016) señala que el sello de junta es producido por una merma o desgaste del material, haciendo que la junta se vuelva permeable y reduzca su resistencia, por sello de junta se entiende que es el proceso por el cual se garantiza resistencia y durabilidad a una estructura, lo cual provoca que líquidos no se filtren por dentro del concreto. En ese sentido, es recomendable el empleo de materiales elastoméricos o la emulsión, las cuales cumplen la función de sellar.



Ilustración 1. Sello de junta

Fuente: Mogollón, 2016.

2.2.2.2 Desprendimiento

También denominado descascaramiento, se produce cuando existe una mínima inclusión de aire y se observa una presencia abundante de cloruro de sodio. Se dice que una estructura o un elemento de hormigón presenta un desprendimiento, cuando en la parte más cercana a la superficie del hormigón se observa como si una lámina se desprendiera de la faceta del hormigón, esto inicia en pequeñas áreas y puede terminar afectando sobre toda la superficie del hormigón. Los desprendimientos se pueden ser ligeros los que no exponen el agregado grueso, existe también el desprendimiento moderado es aquel que ya expone al agregado grueso y se puede perder un espesor de 3 a 10 milímetros desde la superficie lo que generaría filtraciones ocasionando daños al elemento.



Ilustración 2. Desprendimiento

Fuente: Mogollón, 2016.

2.2.2.3 Grietas

Las grietas son rupturas que aparecen en la superficie de un elemento de hormigón, estas son provocadas por diferentes esfuerzos o tensiones que supera la resistencia máxima del concreto. Este tipo de patología se clasifica en estructurales y no estructurales. Las grietas estructurales se dan cuando existe un daño constructivo de manera directa sobre una estructura de hormigón como

por ejemplo a vigas y columnas poniendo en riesgo su seguridad y la de toda una edificación. Las grietas no estructurales, se generan por la contracción del hormigón, esto debido al escaso contenido de agua en la mezcla de elaboración, y tampoco se humedeció la superficie de concreto posterior a la fundición.

Según Zavala, (2016) este tipo de grietas se puede dar por varias razones como:

- Un mal vibrado al hormigón.
- Falta de agua sobre el hormigón.
- Cuando se utiliza asentamientos incorrectos, a los que indica el fabricante,
- Cuando el hormigón no es curado.

Para el caso de grietas no estructurales, Asesores, (2021) las define como grietas de poca gravedad debido a que pueden ser corregidas con productos existentes en los que son colocados de manera superficial y el daño desaparece sin generar problemas en un futuro.



Ilustración 3. Grietas

Fuente: Zavala, 2016.

2.2.2.4 Fisuras

De acuerdo con Zavala, (2016), las fisuras se pueden considerar como hendiduras de menor tamaño, generalmente entre 1 a 5 mm. Son provocadas generalmente por deficiencias en la construcción de la obra, falta de juntas, problemas de tracción debido al desecado del concreto, entre otros.

Es muy importante reconocer cuando una fisura es estructural o no estructural, para poder tomar medidas que llevan a la corrección de la fisura de un elemento de hormigón, una fisura no es estructural cuando su afección no llega hasta las barras de refuerzo, sino que únicamente son fisuras superficiales que no afectan el funcionamiento de una estructura de hormigón, para ello se debe hacer uso de equipos que indican el estado de una fisura, es importante saber que existe métodos destructivos y no destructivos entre ellos tenemos:

Equipos no destructivos

- Fisurómetro
- Pacómetro
- Ultrasonido
- Radiografías

Equipos destructivos

- Toma de Núcleos
- Petrografía

(GROUP, 2019)

Zavala, (2016) dice que se puede encontrar fisuras leves, las cuales son cerradas, presentan discontinuidad y con una amplitud de 0,2 a 1 mm, a nivel moderado, presentan una extensión de 1 a 2 mm, y en un nivel severo, se

presenta una amplitud de entre 2 a 6 mm, lo cual indica el fallo en la estructura. Dentro de las principales recomendaciones para su tratamiento, el llenado de las fisuras con elementos que se adecuen al de la obra. Las fisuras también se pueden dar a causa de los asentamientos tanto en viviendas como en mega edificaciones.



Ilustración 4. Fisuras

Fuente: Zavala, 2016.

2.2.2.5 Erosión

Según Zavala, (2016) la erosión hace referencia a la merma de material que se localiza en la parte superficial de la obra, dentro de las principales causas, se tiene la calidad de la materia prima empleada, flujos constantes de líquido, existencia de elementos con componentes que afectan directamente a la obra, entre otros.

Dentro de un grado leve de afección por erosión, suele presentar un ancho inferior a los 10 mm; en un nivel moderado, la amplitud es superior a los 20 mm; y finalmente, en un nivel severo, se presenta una pérdida de más del 10% en cuanto al material empleado. Sin embargo, se suele emplear irrigaciones, parches o incluso inyecciones, según la materia prima empleada.



Ilustración 5. Erosión

Fuente: Zavala, 2016.

2.2.2.6 Vegetación

De acuerdo con Berru (2019) esta afección al concreto se debe por filtraciones de líquidos (agua, generalmente) que provocan que se desarrolle diferentes tipos de vegetación ocasionando daños que pueden ser peligrosos para una estructura.



Ilustración 6. Vegetación

Fuente: Berru, 2019.

Por otra parte, León (2019) presenta la siguiente tabla resumida sobre el grado de severidad de las diferentes patologías que se pueden dar en un elemento de hormigón ya que se debe considerar debido a que una patología se puede dar por varios aspectos como físicos, mecánicos y químicos.

Tabla 4. Nivel de severidad en patologías del concreto

ESPECIFICACIONES DEL NIVEL DE SEVERIDAD DE TODAS LAS PATOLOGÍAS IDENTIFICADAS					
ITEM	CLASIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS	PATOLOGÍAS	NIVEL DE SEVERIDAD	ESPECIFICACIONES DEL NIVEL DE SEVERIDAD	
1	FÍSICAS	EROSIÓN FÍSICA (er)	LEVE	Cuando la estructura se encuentra afectada en un porcentaje menor a un 20% de su espesor.	
			MODERADO	Cuando la estructura se encuentra afectada entre 20% a un 60% del espesor del elemento.	
			SEVERO	Cuando la estructura se encuentra afectada mayor a un 60%.	
2	MECÁNICAS	GRIETAS (gr)	LEVE	Presencia de grietas con un ancho de 1.50 mm a 2.00 mm.	
			MODERADO	Presencia de grietas con un ancho mayor de 2.00 mm a 4.00 mm.	
			SEVERO	Presencia de grietas con un ancho mayor de 4.00 mm.	
		3	FISURAS (fi)	LEVE	Fisuras con ancho entre 0.20 mm a 0.60 mm.
				MODERADO	Fisuras con ancho mayor entre 0.6 mm a 1.00 mm.
				SEVERO	Fisuras con ancho mayor de 1.00 mm hasta 1.50 mm.
		4	DESPRENDIMIENTOS (de)	LEVE	Hasta el 10% del área total del revoque del elemento.
				MODERADO	Mayor del 10% hasta el 50% del área total del revoque del elemento.
				SEVERO	Mayor del 50% a más del área total del revoque del elemento.
5	EROSIÓN MECÁNICA (er)	LEVE	Cuando la estructura se encuentra afectada en un porcentaje menor a un 20% de su espesor.		
		MODERADO	Cuando la estructura se encuentra afectada entre 20% a un 60% del espesor del elemento.		
		SEVERO	Cuando la estructura se encuentra afectada mayor a un 60%.		

Continuación

6	Q U Í M I C A S	CORROSIONES (co)	LEVE	No existe desprendimiento del acero porque está a inicios de oxidación y corrosión, afectando a un área menor al 30% de la longitud y espesor de la varilla de acero.	
			MODERADO	Se hace notoria la oxidación y corrosión del acero con desprendimiento del material; con un área afectada notoria mayor a un 30% y menor a un 60% de su espesor y longitud.	
			SEVERO	Acero totalmente oxidado y corroído, mayor desprendimiento del material mayor a un 60% de su espesor y longitud total de la varilla.	
7		Q U Í M I C A S	EFLORESCENCIAS (ef)	LEVE	Aparición leve de humedad, con pequeñas cristalizaciones de las sales. Presenta un área afectada menor del 30% del área total del elemento.
				MODERADO	Humedad y cristalizaciones de sales considerables, afectando la integridad de los elementos. Presencia de pequeñas erosiones en el elemento mayor del 30% y menor del 60% del área total del elemento.
				SEVERO	Exceso de humedad con cristalizaciones de sales severas, dando lugar a la desintegración del elemento y produciendo erosiones leves en el elemento, con un área afectada mayor del 60% del área total del elemento.
8		Q U Í M I C A S	EROSIÓN QUÍMICA (er)	LEVE	Cuando la estructura se encuentra afectada en un porcentaje menor a un 20% de su espesor.
				MODERADO	Cuando la estructura se encuentra afectada entre 20% a un 60% del espesor del elemento.
				SEVERO	Cuando la estructura se encuentra afectada mayor a un 60%.

Fuente: León (2019)

2.3 Investigación de técnicas y métodos de patologías en estructuras de concreto

2.3.1 Técnicas y ensayos de reconocimiento

Según Muñoz (2012) indica que antes de aplicar cualquier tipo de ensayo para tratar patologías en estructuras de concreto, se debe tomar en consideración los antecedentes de dicha estructura, con el fin de que se pueda tener una idea más clara acerca de las posibles causas que estén provocando lesiones a la obra, tales como sismos, el proceso de la construcción de la estructura, la calidad y el estado de los materiales, las condiciones geográficas y topográficas, entre otros. De esta manera, se podrá establecer un diagnóstico más integral y proponer algunas alternativas para solucionarlas.

2.4 Ensayos Físicos

2.4.1 Extracción de núcleo

De acuerdo con el Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG, 2019) la extracción de núcleo permite identificar el grado de resistencia que tiene el concreto a la compresión. Generalmente se realiza este ensayo cuando se tiene incertidumbre acerca de la resistencia del concreto, luego de ejecutar pruebas durante la construcción, así como en estructuras antiguas que presentan desperfectos. En ese sentido, la INEN (2015) en su NTE INEN 1591, define al núcleo como una muestra de concreto en forma de cilindro a través de una fresa o taladro, los cuales deben de regirse a la normativa establecida en la ASTM C 497M.

La resistencia de los núcleos de concreto depende del grado de humedad al que está sometido, de la orientación hacia la cual fue extraída, y de la ubicación del núcleo.

En el proceso luego de extraer los núcleos ya en el laboratorio se procederá a cortar los extremos del núcleo de manera que su longitud cumpla con una relación 2 a 1 con el diámetro.



Ilustración 7. Análisis de la resistencia del concreto por medio de la extracción de núcleo

Fuente: ICCG, 2019.

2.4.2 Esclerómetro

Para Fernández (2018), el estudio de esclerometría consiste en mantener de manera estable de manera que el émbolo se ubique a 90° con respecto al área de ensayo. A continuación, se mueve el instrumento hacia el área con el fin de que se impacte el martillo, mantenerlo presionado y de ser el caso, presionar el botón del equipo con el fin de que mantenga fijo en la posición requerida. Registrar el número obtenido y realizar 10 lecturas por cada superficie, para ello, se debe tomar una distancia de 25 mm. No obstante, en caso de que se destrozce la superficie producto del impacto, realizar una nueva prueba.

En caso de que las direcciones de los disparos tengan diferentes direcciones o cualquier ángulo las lecturas deben ser la misma y estas deben ser especificadas

por el fabricante del equipo para aplicar los factores de corrección de los disparos.

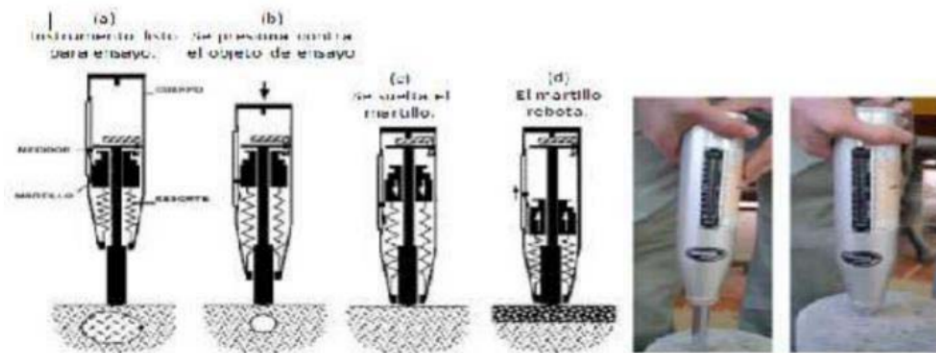


Ilustración 8. Esclerómetro

Fuente: Fernández, 2018.

2.4.3 Carga axial

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2010), este método de ensayo consiste en colocar una carga axial de compresión a los núcleos de hormigón o cilindros moldeados de cemento hidráulico a una velocidad que se encuentre dentro de un rango definido hasta que presente la falla del espécimen. La resistencia a la compresión de un espécimen se calcula dividiendo la carga máxima alcanzada durante el ensayo para el área de la sección transversal del cilindro o de la muestra, existen varias características de la maquina o prensa que va a ser utilizada para estos ensayos y de los soportes en los cuales van a ir asentados los especímenes. Es importante saber que en ciertas ocasiones es necesario realizar una corrección de valores en caso de que el cilindro a ser sometido a una carga axial no cumpla la relación 2:1 entre su longitud y su diámetro para evitar resultados falsos al momento de someter una carga: (INEN, 2010)

Tabla 5. Diámetro máximo de la cara de contacto del bloque de carga esférico

Diámetro de los especímenes de ensayo (mm)	Diámetro máximo de la cara de contacto (mm)
50	105
75	130
100	165
150	255
200	280

Fuente: INEN, 2010.

2.5 Ensayos Químicos

2.5.1 Carbonatación

De acuerdo con Hulimka y Kaluza (2020), la carbonatación hace referencia a determinar el valor del pH del concreto una vez se encuentra endurecido. El hormigón se encuentra en un ambiente alcalino es por ello que su pH está en un rango entre 12 y 13 siendo estos valores los correctos para proteger al acero de la corrosión. Para ello, se puede emplear dos métodos, el primero a través de un indicador de pH que se coloca sobre la superficie, previo el rociado de la preparación indicadora, que puede ser timolftaleína o fenolftaleína, en la que con el primer compuesto se obtiene resultados más precisos. Asimismo, dentro del mismo método, se puede emplear la prueba del arcoíris, en la que se obtiene valores de la intensidad del proceso de carbonatación en un rango de pH de 5 a 13, como se indica a continuación:

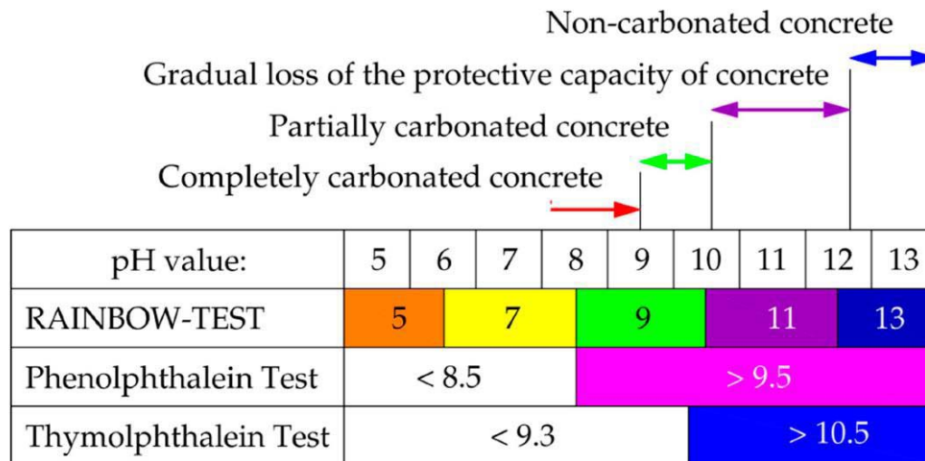


Ilustración 9. Indicador de carbonatación de la prueba del arcoíris

Fuente: Hulimka y Kaluza, 2020.

En el segundo método, que emplea un análisis de laboratorio, en donde, mediante una muestra triturada y mezclada con agua hirviendo, se mide el pH. Para la mezcla se debe emplear la relación de 1:10 con concreto y agua, respectivamente. Al igual que en otros ensayos, es necesario realizar análisis de muestras por separado de diferentes profundidades del concreto puesto que de esta manera se podrá obtener un resultado promedio de toda la obra.

2.5.2 Contenido de materia orgánica

Para identificar las consecuencias de materia orgánica que tienen sobre la resistencia en concretos, se puede tomar las recomendaciones descritas en la NTE INEN 866:2011 (INEN, 2011), para el árido que se emplea para la preparación de concreto que “han generado un líquido sobrenadante con un color más oscuro que el color de la solución normalizada o que el color No. 3 del comprador” (p. 1), descrito en la NTE INEN 855.

En ese sentido, se toma una muestra para elaborar el mortero y así diseñar ejemplares de forma cúbica. Una vez transcurrido el proceso de curado,

se procede a ejecutar la compresión con el fin de identificar su resistencia y analizar los resultados.

2.5.3 Humedad relativa

Para la determinación de la humedad relativa, Spangler (2021) indica que se puede emplear sondas *in situ* que miden la humedad relativa dentro del concreto. La ubicación de dicha sonda en cuanto a profundidad hace que los resultados no se alteren por cambios ambientales. Equipos como el Rapid RH L6, ya se encuentra calibrado y tiene la facilidad de instalar sin inconveniente en el concreto y su lectura resulta más rápida que otros métodos.

En ese sentido, Spangler, (2014) dice: siempre que la superficie sea accesible a condiciones ambientales tales como humedad relativa baja del entorno, temperatura y movimiento de aire, la concentración de humedad será mayor en la parte inferior del concreto y menor en la superficie. Para tener una mejor valoración de la humedad relativa, es necesario una profundidad del 40% en el caso de la toma de muestra en un lado y al 20% en ambos lados. Si bien este ensayo predice o previene problemas relacionados a humedad, también ayuda a determinar la fuerza de la unión para el desarrollo de productos adecuados para que el profesional pueda tomar decisiones.

2.5.4 Determinación de cloruros

Según Fernández (2018) este ensayo evalúa el nivel de cloruros tanto libres como totales que presenta el concreto en distintas profundidades, determinando tanto la cantidad de cloruros como del grado de penetración en el concreto. Se utiliza una cantidad significativa de concreto previamente

pulverizado para mezclarlo con el líquido que extrae cloruros, este ensayo se denomina prueba rápida. Como se llega a disolver con ácido o con agua destilada, las mediciones son limitadas.

2.6 Equipos a utilizar en los ensayos para la determinación de las patologías en concreto

De acuerdo con FPrimerc (2020), existen diversos equipos que se emplean para determinar patologías en el concreto, las cuales dependen del tipo de prueba que se va a aplicar. A continuación, se señalan las más importantes:

Tabla 5. Equipos empleados para pruebas de patologías en concreto

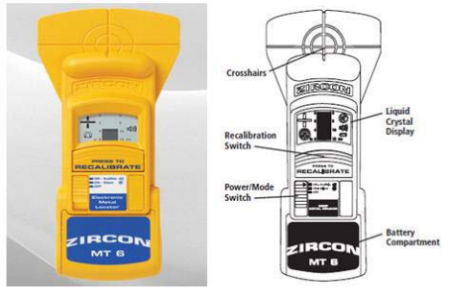
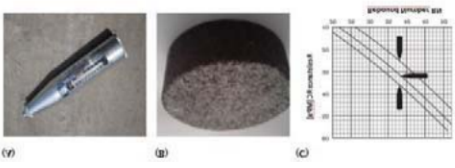
Nombre	Imagen	Prueba	Características
Perforadora		De compresión / resistencia en núcleos de concreto.	<ul style="list-style-type: none"> - Es un método confiable para determinar la resistencia. - Es destructivo. - Se afecta las barras de la estructura.
Esclerómetro		<ul style="list-style-type: none"> - De uniformidad in situ. - Estimación de resistencia en el lugar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Funciona según el principio de rebote. - Fácil de usar. - Bajo costo.

Transductor		Velocidad de pulso ultrasónico.	<ul style="list-style-type: none"> - Controla la calidad de los materiales. - Detecta deficiencias del subsuelo
-------------	---	---------------------------------	---

Fuente: FPrimerc, 2020.

Por su parte, Jedidi (2018), señala que, para otros ensayos para el control de patologías, también se pueden emplear los siguientes equipos:

Tabla 6. Equipos utilizados en pruebas para la determinación de patologías en el concreto

Nombre	Imagen	Prueba	Características
Profómetro		De espesor del revestimiento del concreto	<ul style="list-style-type: none"> - Emplea tecnología de inducción no destructiva. - Permite la localización del refuerzo metálico en el concreto.
Martillo de rebote de Schmidt		De rebote de Schmidt	<ul style="list-style-type: none"> - Determina la dureza de la superficie. - Se debe usar sobre superficies lisas.

<p>Núcleos de perforación</p>		<p>Operaciones de perforación</p>	<p>- La perforación no debe dañar ni la estabilidad ni la resistencia de la estructura.</p>
<p>Máquina de prueba de compresión</p>		<p>Resistencia a la compresión</p>	<p>- El valor de la resistencia a la compresión se determina dividiendo el valor de la carga máxima para la sección de la muestra.</p>
<p>Fenolftaleína</p>		<p>Medición de profundidad de carbonatación</p>	<p>- La fenolftaleína vuelve rojo el hormigón no carbonatado y permanece incolora en el hormigón carbonatado.</p>

Fuente: Jedidi, 2018.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3 Trabajo de campo y laboratorio

3.1 Definición de ubicación de puntos de estudio

La extracción de las muestras se produjo en la empresa privada Indurama ubicada en la Avenida de las Américas y Avenida Don Bosco, posterior a ello las muestras fueron ensayadas en los laboratorios de la Universidad Católica de Cuenca.

3.2 Ensayos en campo

Para el presente trabajo de titulación ha sido necesario realizar algunos tipos de ensayos en los que podamos demostrar algunos de los problemas que un hormigón que fue puesto en obra tiempo atrás, se pueda identificar a través de los mismos. Para ellos se ha establecido algunos ensayos para realizar este estudio, estos fueron ensayos químicos y ensayos físicos, mismos que han sido guiados por docentes de la Universidad Católica de Cuenca para obtener los resultados reales a los que presenten las diferentes muestras que se utilizó para este estudio.

3.3 Ensayos en laboratorio físico

Se realizaron varios ensayos físicos siendo los siguientes:

3.3.1 Extracción del núcleo.

Este ensayo se llevó a cabo en la empresa privada de Indurama en la ciudad de Cuenca, fue posible la extracción de los núcleos de hormigón gracias a una empresa que realizaba trabajos en el interior de las instalaciones de la misma,

se obtuvieron seis muestras en las que tres de ellas eran de una resistencia de 140 kgf/cm^2 y las otras muestras de 180 kgf/cm^2

Los núcleos extraídos fueron de una losa, con el equipo adecuado de una empresa privada que realizaba trabajos de mantenimiento y algunas mejoras a Indurama, la losa de la que se extrajo las muestras tenía aproximadamente unos 40 años de antigüedad, esta losa estaba compuesta de la siguiente manera poseía una primera capa que había sido fundida a mano y posterior a ello se realizó una mejora aplicando sobre la misma una segunda fundición, pero a diferencia de la primera fue que esta se la realizó ya con mixer.



Ilustración 10. Muestra de núcleos extraídos en Indurama

Fuente: Propia

3.3.1.1 Consideraciones para la obtención de núcleos de hormigón

Es importante saber que para la extracción de un núcleo se debe determinar cuáles serán los puntos donde se obtendrá las muestras, ya que dependiendo de la ubicación de donde se obtendrá una muestra podría haber complicaciones en la estructura y podría bajar la resistencia llevando a problemas graves en el hormigón.

Como se conoce el hormigón presenta una resistencia mayor en la base de la estructura. Otra complicación se puede dar si el núcleo es extraído de manera

paralela al plano horizontal al de la estructura la resistencia de la misma disminuye, por esa razón se dice que se debe determinar y conocer bien los puntos de extracción de una muestra.

3.3.1.2 Recomendaciones para la extracción de un núcleo según:

(Destroyer, s. f.)

- Para un hormigón recién fundido se debe esperar que se endurezca en su totalidad, es decir a partir de los 14 días de ser fundido se podrá realizar una extracción.
- El equipo que se utilizará para la extracción del núcleo de encontrarse en condiciones óptimas para evitar que se dañe la muestra.
- Se debe colocar al equipo de manera firme para evitar que las muestras salgan con fallas.
- Al momento de extraer una muestra se debe evitar que sea en lugares donde esté presente el acero de refuerzo, juntas, fisuras o algún otro tipo de daño.
- El equipo debe estar siempre de manera perpendicular a la superficie de la que se va a sacar ya sea de una losa, viga o columna.
- Una vez que se haya obtenido la muestra se debe tener cuidado y no golpearlas.
- Las medidas de los cilindros deben ser las adecuadas para poder realizar con facilidad los ensayos posteriores, es decir se debe manejar siempre en relación del diámetro y la altura.



Ilustración 11. Muestra de núcleos extraídos en Indurama

Fuente: Propia

3.3.2 Esclerometría

El esclerómetro es un aparato que es utilizado para determinar la resistencia de un hormigón, también se lo conoce como índice de rebote es una práctica en la que no destruye ni lastima al hormigón. Este instrumento que hemos utilizado es de fácil manejo, pero se debe tener los conocimientos previos antes de realizar un ensayo en campo.

La realización de este ensayo no se considera complicado debido a que el equipo nos refleja el dato de cada disparo que nosotros realicemos, a pesar de la facilidad, es muy importante saber la manera correcta de realizar cada uno de los disparos debido a que si nos arroja más de dos valores que se salen del rango permitido se debe volver a realizar los disparos según la normativa aplicada.

Para la investigación se ha realizado la toma de 10 muestras en lugares muy cercanos a los puntos de extracción de los núcleos, es decir, obteniendo en algunos casos datos similares, ya que la normativa indica que debemos tener de 7 a 10 puntos y posterior realizar las respectivas correcciones.

Una vez que se han realizado las lecturas con el esclerómetro se procede a resolver e interpretar los datos obtenidos, para ellos nos hemos basado en la normativa ASTM C805

En dicha normativa se analiza varias partes para llegar a un resultado óptimo de las lecturas del equipo y así finalmente tener una respuesta real.

Esta normativa abarca varios parámetros muy importantes para la determinación final de la resistencia de un hormigón, es decir se basa en los siguientes pasos:

- Selección de Área de Prueba
- Preparación de la Superficie
- Calibración previa del equipo con yunque
- Procedimiento de la prueba
- Cálculo del Valor Medio
- Corrección de la dirección de Impacto
- Corrección por condición de humedad en la superficie
- Determinación de la Resistencia a la Compresión
- Edad del Hormigón

Tabla 7. Número de muestra con su respectivo resultado dado por el esclerómetro.

MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO	
NUMERO DE MUESTRA	RESULTADO
1	40
2	31
3	39
4	29
5	37
6	36
7	34
8	30
9	35
10	28

Fuente: Propia

Una vez que ha sido seleccionado y se ha preparado el área de prueba se procede a realizar los golpes según recomienda la normativa, como menciona para áreas grandes es necesario tomar de 7 a 10 puntos. Por otra parte, también es necesario conocer la edad del hormigón ya que de esto dependerá la profundidad que se debe extraer. Otra consideración muy importante es la humedad, en caso de no estar seca la muestra se debe dejar 24 horas como mínimo antes de realizar la prueba.

Es importante saber que no se recomienda dar más de un golpe en el mismo punto, para ello se recomienda mover al menos 2.5 y 3 cm después de cada golpe, otra consideración es evitar dar los golpes en zonas porosas del hormigón.

Si el aparato no ha sido utilizado en más de 3 meses se recomienda aplicar unos golpes sobre superficies rígidas para verificar el estado y funcionamiento del instrumento. Finalmente, se debe tener en cuenta que el aparato debe estar sujetado firmemente de manera perpendicular a la superficie en la que se va a realizar los golpes para evitar datos erróneos.

- Encontrar el promedio de los valores obtenidos por el esclerómetro.

Tabla 8. Valor promedio entre los datos obtenidos.

Calculo Valor Medio	Respuesta
Sumados los 10 valores obtenidos y dividimos para el mismo numero de datos.	33,90

Fuente: Propia

- **Corrección de la Dirección de Impacto**

Es necesario realizar una corrección cuando se ha utilizado el martillo inclinado en superficies horizontales, debido a que, según la metodología empleada en el trabajo de investigación debe ser corregida según la fórmula establecida y teniendo como variables las que se indican a continuación:

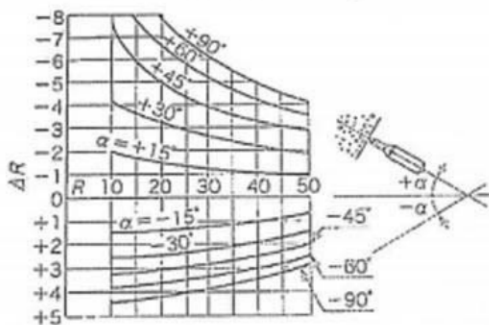
R= Rebote.

R₀: Valor de rebote probado.

ΔR: Valor de corrección por inclinación del ángulo.

Es importante también conocer de dónde se obtiene los valores de una de las variables que se encuentran presentes en la fórmula de corrección, en la que se basa dependiendo del grado de inclinación que se aplicó en la extracción de nuestras muestras que se colocan a continuación.

Tabla 9. Valores de corrección según sea la inclinación.



R ₀	DIN 1048 correction value for inclination angle			
	+90°	+45°	-45°	-90°
20	-6	-4	+2	+3
30	-5	-3	+2	+3
40	-4	-3	+2	+2
50	-3	-2	+1	+2
60	-2	-2	+1	+2

Ilustración 12. Tabla de corrección de valores según el ángulo de inclinación

Fuente: Manual del equipo utilizado

La fórmula que se utiliza es:

$$R = R_0 + \Delta R$$

Por lo tanto, tenemos que:

$$R=?$$

$$R_o= 34$$

$$\Delta R= 3,7$$

$$R= 34 + 3,7$$

$$R= 37,7$$

- **Corrección por condición de humedad en la Superficie**

La normativa empleada da directamente los valores según sea los factores posibles en los que se puede presentar la muestra que será analizada, es decir, ahora tenemos una nueva variable denominada **ΔR_w** en la que se aplicara según sea el estado en el que la muestra se encuentre, en otras palabras, en valor de flujo ΔR_w se debe agregar al valor de rebote ensayado con la corrección del ángulo de inclinación, es por ello que según sea el color que presente las superficies de las muestras aplicaremos un valor siendo estos los siguientes:

$\Delta R_w= +3$ Cuando las muestras están ligeramente húmedas, es decir, presentan un color gris oscuro.

$\Delta R_w=+5$ Cuando la superficie de la muestra está totalmente húmeda.

$\Delta R_w=+0$ Cuando la muestra se encuentra en su totalidad seca, es decir su color gris esta con un gris claro.

Para nuestro caso como se puede observar en la siguiente imagen se puede verificar que se encuentra completamente seca.



Ilustración 13. La superficie de la muestra se encuentra seca.

Fuente: Propia

- **Edad del Hormigón**

Dentro de este punto se toma en cuenta factores muy importantes para lograr un resultado garantizado que es lo que finalmente buscamos al momento de realizar este ensayo. El tiempo o la edad que tiene un hormigón es muy importante conocer ya que nos ayudara a determinar si al momento de obtener la respuesta del ensayo realizado es correcto debido al estado que más o menos debe tener un hormigón, como se sabe y por los estudios que se han realizado un hormigón tiene mayor resistencia mientras más tiempo tenga desde su fundición.

Para la determinación de este factor la norma aplicada que es ASTM C805 nos brinda una tabla en la que nos da un valor de α_n siendo el factor corrector de edades para la determinación de la resistencia, esto si la edad del hormigón no es de 28 días, se debe corregir según la tabla.

Tabla 10. Valores de α_n según sea la edad de nuestras muestras.

Ages n (days)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

Al momento de obtener las muestras se sabía que tenían una edad aproximada de 40 años, es decir, más de 3000 días fue claro tomar el valor de nuestra variable para la aplicación en la formula final. Por lo tanto:

$$\alpha_n = 0.63$$

- **Valor de Calibración del Equipo**

Es otro de los parámetros que no podemos olvidar aplicar para la obtención de una respuesta optima siendo esta la de la resistencia. Este valor de **Ra** nos da directamente la normativa según sea el equipo que se utilizó, para nuestro caso se da un valor de:

$$Ra = 80,6$$

- **Determinación de Rao.**

El valor a utilizar es el valor de calibración que indica el mismo equipo al momento de realizar el ensayo.

$$Rao = 80$$

- **Corrección de R**

$$R = R_0 * \frac{Ra}{Rao} + \Delta R + \Delta R_w$$

$$R = 34 * \frac{80.6}{80} + 3.7 + 0$$

$$R = 37.96$$

- **Determinación de la Resistencia a la Compresión**

Finalmente llegamos a la formulación final en la que se aplicaran varios de los factores que se han determinado anteriormente para obtener el resultado final del ensayo. La fórmula para la obtención de la resistencia en este ensayo es la siguiente:

$$F'c = 0.098 * (184 + 13(R)) * \alpha$$

$$F'c = 0.098 * (184 + 13(37.96)) * 0.63$$

$$F'c = 0.098 * (309.48) * 0.63$$

$$F'c = 19.10 \text{ N/mm}^2$$

La resistencia del hormigón ha sido de:

$$\underline{F'c = 194.8 \text{ kgf/cm}^2}$$

3.3.3 Carga Axial

Los materiales se encuentran sometidos a diferentes tipos de fuerzas o cargas, es por ello que es necesario conocer el comportamiento del material ante la acción de una fuerza. Para el presente trabajo se ensayaron las muestras obtenidas por la extracción de núcleos teniendo muestras de bajas y altas resistencias.

El principal objetivo de este ensayo es caracterizar el comportamiento del hormigón sometido a un confinamiento activo, para este caso se debe realizar el ensayo de carga axial o también conocida como compresión axial de las muestras obtenidas que fueron probetas o cilindros, dichos ensayos se realizaron en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca. Para este ensayo nos hemos basado en la Normativa ASTM-C39, la que nos sirve como guía para obtener resultados reales sin errores.

Para llegar a un resultado óptimo del ensayo ha sido necesario primeramente realizar una revisión bibliográfica, siendo esta la que nos guiará para poder realizar una comparación entre la resistencia a la que inicialmente fue diseñada años atrás con la resistencia que finalmente obtendremos posterior a la realización del ensayo y poder establecer una conclusión según sean los resultados obtenidos, sabiendo que va a influir por varios factores que se deben tomar en cuenta como por ejemplo si un hormigón es realizado a mano, se dice que está más expuesto a que su valor al que fue diseñado no cumpla, debido a una mala compactación, a la presencia de materia orgánica es decir, a una contaminación, situaciones que no sucederá al realizar en una hormigonera o incluso en concretera.

- **Desarrollo**

Para realizar este ensayo con los núcleos extraídos de la fábrica Indurama se debe realizar una corrección debido a que en este caso las muestras tomadas del mismo punto se dividieron a causa de que la estructura fue fundida en dos capas y en diferentes tiempos, dándonos dos muestras de un mismo núcleo, es por esa razón que se debe realizar la corrección en relación 2:1 de la longitud/diámetro, para este proceso ha sido importante la revisión de la norma NTE INEN 1573.

Para este caso se indica la siguiente tabla el cual brinda un factor de corrección según sea la relación L/D, si la relación de las dimensiones de los cilindros no da valores como los de la tabla se procede a corregir.

Tabla 11. Factor de corrección según la relación de longitud al diámetro del cilindro

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

Fuente: NTE INEN1573

Para determinar los factores de corrección para los valores de L/D intermedios se debe interpolar

En este ensayo se lleva a la prensa dos muestras con dimensiones diferentes, un cilindro de tamaño pequeño con una altura promedio de 15.05 centímetros, en el cual ya fue sometida a la corrección y otro cilindro grande con una altura de 25 centímetros, antes de iniciar el ensayo de compresión es necesario ingresar datos de las probetas como alturas, diámetros estos en promedio y otro

dato importante que se debe ingresar son sus respectivos volúmenes, según como indica la normativa que hemos aplicado ASTM-C39.

- Corrección “Relación Longitud a Diámetro”

RELACIÓN LONGITUD A DIÁMETRO	
DATOS CILINDRO:	
ALTURA	15,05 cm
DIÁMETRO	15,2 cm
CARGA MAXIMA SOPORTADA	142 Kg/cm ²

Para la corrección de dicho cilindro, cuyas dimensiones no cumplen para realizar el ensayo correcto, nos basamos en la normativa ASTM C-39 que indica que se debe tomar el factor que corresponde según sea la relación L/D con la tabla 11 para multiplicar con el resultado obtenido de la prensa.

$$L/D = \frac{15.20\text{cm}}{15.05\text{cm}}$$

$$L/D = 1.00$$

Por lo tanto, identificamos el valor obtenido en la tabla 11 y se conoce el factor por el cual debe ser multiplicado la resistencia, y dicho resultado debe ser restado de la resistencia máxima que se obtuvo en la prensa, es decir del valor de los 142 kgf/cm²

L/D	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor:	0,98	0,96	0,93	0,87

$$F'c = 142 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2} * 0.87$$

$$F'c = 123.54 \frac{\text{Kgf}}{\text{cm}^2}$$

Una vez que se ha realizado el procedimiento de corrección se obtiene una resistencia de $123.54 \frac{Kgf}{cm^2}$ en dicho cilindro.

- **Equipo**

Para este ensayo se ha utilizado la prensa de la Universidad Católica de Cuenca la misma que posee las siguientes características.

- Las placas de compresión están endurecidas en superficie sobre 55 HRC y rectificadas.
- Dispositivo para comprobar la excursión del pistón durante la prueba.
- Las columnas están pretensadas para proporcionar una rigidez muy alta.
- El pistón que tiene una carrera de 50 mm y el cilindro están acoplados con un juego de empaque de alta calidad.
- El tanque tiene un nivel de aceite y descarga de aceite.
- Marque el selector de velocidad para mostrar, preseleccionar y controlar el flujo de aceite.
- Bomba multipiston de potencia asegurando la continuidad de entrega.
- Dispositivo de ariete de aproximación rápida para evitar tiempos muertos
- El asiento de la bola está maquinado con precisión.

- **Resultados**

Los resultados de la prensa fueron los siguientes:

- **Cilindro Grande de 140 kgf/cm²**



Ilustración 14. Ruptura de cilindro grande

Fuente Propia



Ilustración 15. Resultado de la muestra después del ensayo

Fuente Propia

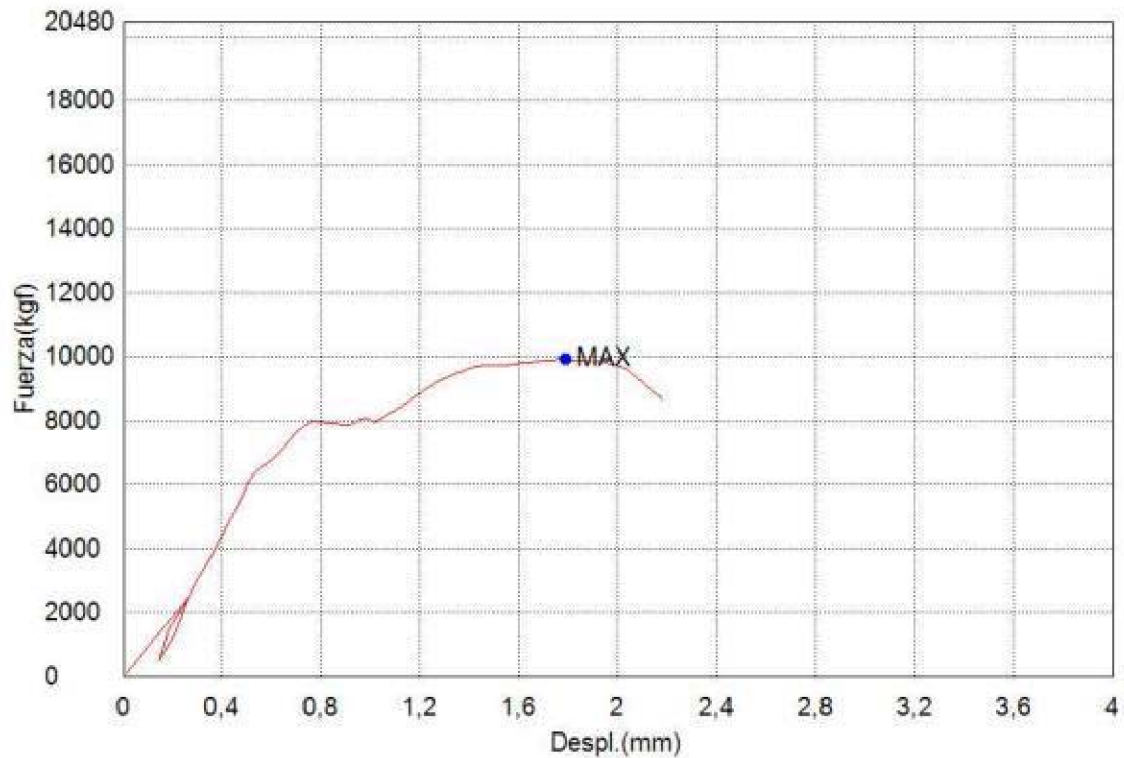


Ilustración 16. Gráfico de la curva de deformación según la fuerza empleada en el cilindro grande
Fuente Propia

Inicialmente se conocía la resistencia de las muestras, estos datos fueron indicados por personal de la empresa privada donde se realizaron se extrajo los núcleos, los datos iniciales informados fueron que de la primera capa o el cilindro grande fue diseñado a una resistencia de 140 kgf/cm^2 y nosotros hemos obtenido un resultado de 124 kgf/cm^2 como se indica en la tabla. A manera general se conoce que el hormigón va ganando resistencia con el paso del tiempo y en nuestro caso verificamos que no existe un incremento, es por ello que concluimos que uno de los factores por la cual no se llegó a una resistencia más alta fue que, primeramente, como podemos observar en las imágenes se ha utilizado agregados muy grandes y no solamente eso, sino que como es una losa con aproximadamente cuarenta años fue fundida de manera manual, por lo

que nos lleva también a la conclusión de que pudo haber una mala compactación y que los agregados no eran de buena calidad.



Ilustración 17. Agregados con tamaños muy grandes.

Fuente: Propia

Tabla 12. Resultado de ensayo de compresión de cilindro grande, capa inferior.

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension	Max._Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	9910	124	1,79188	179188
Media	9910	124	1,79188	179188
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

- Cilindro Pequeño con resistencia de 180 kgf/cm²



Ilustración 18. Ruptura de cilindro pequeño

Fuente: Propia

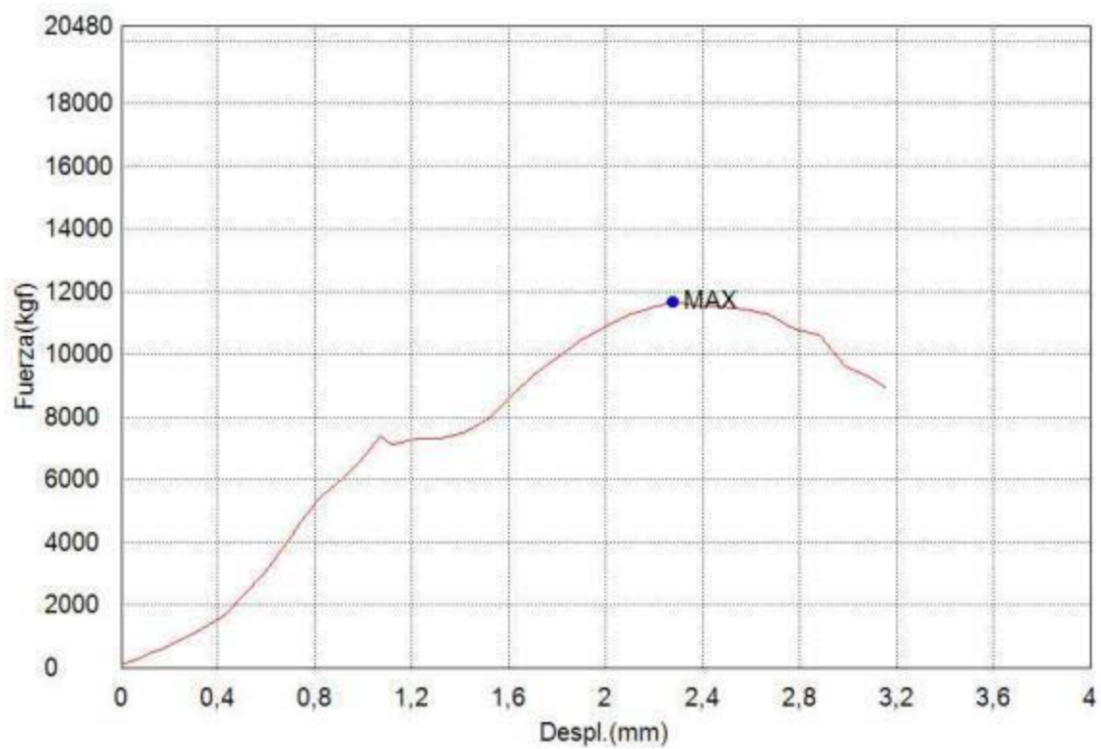


Ilustración 19. Gráfico de la curva de deformación según la fuerza empleada en el cilindro pequeño

Fuente: propia

En este caso la resistencia inicial de esta muestra era de 180 kgf/cm², de la misma manera existe algún déficit, bien puede ser algún problema en el diseño bien podría ser, por no considerar algún factor siendo un causante de que no llegue a la resistencia indicada ya que en nuestro ensayo obtenemos una resistencia de 142 kgf/cm², es por ello que en nuestro análisis se llega también que puede ser a causa de que el agregado grueso de la capa inferior a más de su tamaño muy grande poseían una textura lisa la que provoca una falta de cohesión entre partículas, otra causa por la que no se llegó puede ser que al momento de realizar el ensayo de extracción del núcleo o la muestra por la presión y la fuerza del equipo perdió resistencia debido a las altas vibraciones que se produce al momento de cortar la estructura. El resultado se refleja en la siguiente tabla.

Tabla 13. Resultado del ensayo de compresión en el cilindro pequeño, capa superior.

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas	Max_Tension Calc. at Entire Areas	Max. _Desplazamiento Calc. at Entire Areas	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	11700	142	2,27900	227900
Media	11700	142	2,27900	227900
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

3.3.4 Humedad Relativa

Para este estudio según la bibliografía de (LABOMAT, 2019) las patologías que pueden sufrir las diferentes estructuras de hormigón, como ya se ha mencionado es necesario realizar varios ensayos debido a que estas enfermedades pueden presentarse de diversas maneras, es por ello que la humedad es uno de los ensayos muy importantes que se debe realizar para identificar la presencia de

una deficiencia en el hormigón, debido a que el hormigón como tal es una mezcla de varios materiales como como áridos finos y gruesos y estos a su vez unidos con el cemento que al momento de hacer contacto con el agua sufren una reacción química en que los agregados se unen formando un material de tipo roca muy duradero. Sin embargo, después del endurecimiento el agua sigue permaneciendo como humedad en el interior de la estructura que haya sido fundida, dejando porosidad en partes del hormigón, hasta que haya pasado un tiempo requerido para que esta humedad vaya saliendo, hasta que finalmente llega a estar a un nivel de humedad similar a la del ambiente.

La humedad que contiene una muestra de hormigón es la relación que hay entre el peso de la muestra húmeda o de la muestra en su estado natural, es decir en el estado al momento de extraer la muestra, y el peso de la misma luego de haberla dejado entre 24 y 48 horas en el horno para secar toda esa humedad de la muestra, la temperatura a la que se le somete oscila entre los 105 y 110 grados. Una vez realizado este proceso obtenemos los datos de la humedad expresados en porcentaje. Esta es una característica importante para explicar el comportamiento que tiene esta muestra utilizada, también la estabilidad mecánica ya que puede ir variando en tramos diferentes de una misma zona.

Para nuestro caso fue necesario llevar las muestras a la trituradora para poder obtener un resultado óptimo de la humedad que posea cada una de las muestras, para ellos hemos hecho uso de la trituradora existente en el laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca, siendo este instrumento de tipo tambor, lo esencial de este instrumento es que en su interior posea bolas de acero que al momento de que se enciende el tambor empieza a girar ocasionando que por la acción del movimiento dichas bolas trituran a la muestra dejando en polvo y

algunos áridos de tamaño grandes que no fueron posibles triturarlas quedando la muestra de la siguiente manera.



Ilustración 20. Introduciendo la muestra a la trituradora

Fuente: Propia



Ilustración 21. Se indica las bolas de acero que trituran las muestras de hormigón.

Fuente: Propia



Ilustración 22. Finalmente, las probetas de hormigón quedan en ese estado.

Fuente: Propia

La humedad es una propiedad física, que es muy tomada en la ingeniería civil, de manera que, en una estructura de hormigón, siendo la que se encarga de soportar altas cargas, es importante mantener los niveles de humedad para evitar colapsos. Pues el comportamiento y resistencia en obra se rigen por las cantidades de agua que posee la misma.

- **Desarrollo**

Con las muestras obtenidas con los núcleos de hormigón se toma un ejemplar para triturarlo y obtener su peso con la humedad en estado natural, en este caso como se obtuvo dos muestras se realizó a sacar la humedad de cada una de ellas. El peso de la primera muestra fue de 72.05 gramos en estado natural y la segunda se obtuvo una muestra de 80.25 gramos.

Posteriormente secar la muestra durante 24 horas en un horno. Una vez transcurrido este tiempo y que la muestra este lo suficientemente fría, se procede

a su pesaje para obtener el peso seco de la misma y con estos valores determinar el contenido de humedad mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{Humedad} = \frac{W1h - W2s}{W2s} * 100$$

Donde:

- **%Humedad**= Porcentaje de Humedad de la Muestra
- **W1h**= Es el peso de la muestra húmeda sin el peso del tarro
- **W2s**= es el peso de la muestra seca sin el peso del tarro

Siendo el contenido de humedad calculado para la muestra 1 igual a:

$$\% \text{Humedad} = \frac{75.02 - 71.26}{71.26} * 100$$

$$\% \text{Humedad} = \underline{\underline{1.108\%}}$$



Ilustración 23. Muestra 1 en estado natural antes del secado.

Fuente: Propia



Ilustración 24. Resultado del peso de la muestra 1 posterior al secado.

Fuente: Propia

El cálculo de la humedad para la muestra 2 es igual a:

$$\% \text{Humedad} = \frac{80.25 - 79.26}{79.26} * 100$$

$$\% \text{Humedad} = \underline{1.249\%}$$



Ilustración 25. Peso de la muestra 2 antes del secado.

Fuente propia



Ilustración 26. Peso de la muestra 2 después del secado

Fuente propia

3.4 Ensayos en laboratorio químico

3.4.1 Carbonatación

La carbonatación es una complicación de las estructuras de concreto reforzado la cual daña el funcionamiento estructural por la reducción de resistencia a cargas que debe aguantar la armadura de acero. “La carbonatación en el concreto es la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral.”¹

La variación inesperada de la alcalinidad, ocasionada por la reacción precedente cuando el dióxido de carbono del medio externo entra en relación con los elementos alcalinos de la fase acuosa del material, es producido por un cierto valor del contenido de humedad dentro de los poros.

¹ (Montani, 2000)

La porosidad del hormigón se determina por la relación agua/cemento, en panorama de que, cuanto mayores son, mayor humedad pueden alojar.

Su contenido de material carbonatable, es la representación de óxidos de calcio, sodio y potasio, ya que estos son las materias susceptibles de carbonatarse, generando daños en las estructuras.

- **Desarrollo**

Se tomará el núcleo de hormigón que obtuvimos de la zona de estudio y se lo dividirá, en nuestro caso tenemos material de la parte inferior, que es hormigón realizado a mano (muestra #2), y de la parte superior del hormigón realizado con mixer (muestra #1).



Ilustración 27. Muestras para ensayo de carbonatación.

Fuente: Propia

En las muestras ya picadas como se observa en la figura 12, se realiza una aspersion con FENOFTALEINA que es un compuesto indicador de pH que en disolución acida se mantiene incoloro, pero en disoluciones básicas este compuesto toma un color rosado-morado con un punto de viraje entre pH = 8.2

incolore y pH = 10 (magenta o rosado), su fórmula es $C_{20}H_{14}O_4$. Este compuesto se debe rociar en forma reiterada hasta obtener una coloración tenue o nula.

- **Diagnóstico**

Al observar el tono de coloración de las muestras en la figura 13 se evidencia la existencia del fenómeno de la carbonatación.

Por el aspecto de la armadura en la muestra #2 se observa un poco de corrosión, sin embargo, el proceso de carbonatación, que es la pérdida de alcalinidad de las muestras de hormigón por reacción con el dióxido de carbono que se encuentra en el aire, se encuentra en la totalidad de las superficies expuestas a la intemperie, el hierro en medio alcalino el que se encuentra en el hormigón sano en la muestra #1 genera una capa no visible a simple vista de compuesto de corrosión. Esta capa es adherente e impermeable y por lo tanto disminuye o retrasa la velocidad de corrosión. A esta condición se denomina estado de pasividad, como ya se mencionó antes el dióxido de carbono reacciona con la alcalinidad del hormigón, desciende el pH del medio por debajo de 11, el rápido avance de la reacción del dióxido de carbono con la alcalinidad del hormigón, el por el fenómeno de transferencia de masas de difusión en los poros, desde la superficie de contacto con la intemperie hacia su interior aquí determinamos en nuestras muestras que en las partes que no se encuentra de color morado es una zona pasiva con un pH de 8 o secano a 8 esto indica que no hay corrosión y en la parte morado es una zona no-pasiva esta es una patología que indica un pH de 11 el cual contiene corrosión y dióxido de carbono producido por el aire, esta también tiene una gran dependencia a las condiciones de humedad y a la porosidad del hormigón en las piezas.



Ilustración 28. Muestras roseadas para ensayo de carbonatación.

Fuente: Propia



Ilustración 29. Resultado de ensayo de carbonatación.

Fuente Propia

3.4.2 Cantidad de Materia Orgánica

En los diferentes compuestos de agregados finos naturales de vez en cuando se muestran impurezas orgánicas, estos perjudican la hidratación del cemento y el progreso constante de la resistencia del concreto. Habitualmente esas impurezas se evaden por medio del despejado adecuado del lugar donde se realizará la construcción y de los agregados a utilizar en el mismo, para excluir por completo la tierra vegetal, y un exhausto lavado en la arena. La localización

del gran contenido orgánico en la arena se realiza con gran facilidad por medio del ensayo colorimétrica con hidróxido de sodio, que define la norma ASTM C 40. Algunas contaminaciones en la arena pueden mostrar indicación de un alto contenido orgánico, pero que en realidad puede no ser dañino. Este comprobara esta posibilidad llevando acabo la prueba descrita en ASTM C 87

- **Desarrollo**

Este ensayo se realizó con respecto a los requisitos de las especificaciones ASTM C 33 sobre impurezas orgánicas.

- **Equipo**

Para realizar este ensayo se necesitó de varias herramientas con diferentes especificaciones dictadas por la norma, los cuales son los siguientes:

- Botellas de vidrio- botellas graduadas de vidrio sin color, con capacidad nominal cercana de 240 a 140 ml (8 a 16 onzas), equipadas con tapones herméticos, no solubles en los reactivos especificados. En ningún caso el espesor máximo exterior de las botellas, medida a lo largo de la línea de visión utilizada para la comparación de color, será mayor a 63.5 mm (2.5 pulgadas) ni menor a 38.1 mm (1.5 pulgadas). La graduación sobre los embaces será en milímetros u onzas liquidas, con excepción de que las botellas no marcadas pueden ser calibradas y marcadas con graduaciones por el usuario. En dicho caso, las marcas de graduación deberán ser solo en tres puntos de la siguiente manera:
 - Nivel de la solución del color de referencia – 75ml (2 1/2 oz liquidas)

- Nivel de agregados finos – 130 ml ($4\frac{1}{2}$ oz líquidas,
- Nivel de solución NaOH- 200 ml (7 onzas)



Ilustración 30. Embaces utilizados en el ensayo.

Fuente: CPemvasos

- **Reactivos y Solución**

1. Solución de hidróxido de sodio de grado reactivo (3%), disuelta 3 partes por masa de hidróxido de sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua.
2. Solución de color de referencia – disuelta dicromato de potasio grado reactivo ($K_2CR_2O_7$), en ácido sulfúrico concentrado (sp gr 1.84), a una tasa de 0.250 g/100 ml de ácido. La solución debe ser recién preparada para la comparación de color utilizando color bajo de ser necesario para efectuar solución.



Ilustración 31. Solución de ácido sulfúrico utilizado en el ensayo.

Fuente: Propia

- **Muestreo y Procedimiento**

Para este ensayo se utilizará una muestra de aproximación 450 g (1 lb).

- a) Se llena una botella de vidrio con aproximadamente unos 100 gr ($4\frac{1}{2}$ onzas líquidas), con estas muestras de agregado fino a los cuales se le realizará el ensayo en nuestro caso tendremos dos muestras la #1 que pertenece al cilindro pequeño obtenido en la parte superior de la calzada donde fueron tomadas las muestras y la #2 que es la muestra grande obtenido de la parte inferior de la calzada, estas se les trituro hasta obtener agregados que pasaron por el tamiz INEN 4.75 mm



Ilustración 32. Muestras a someterse a ensayos de contenido de materia orgánica.

Fuente: Propia

- b) Se agrega a los embaces con las diferentes muestras previamente pesadas la solución de hidróxido de sodio, hasta que el volumen del agregado fino y el líquido, agitándolo hasta que quede una muestra homogénea esta tiene que ser un aproximado a 200 ml.



Ilustración 33. Hidróxido de cloro.

Fuente: Propia

Estas muestras deben ser bien agitadas luego de taparlas y las dejamos reposar de 24 a 48 horas en una zona oscura.

- **Determinación del valor por medio del color**

1. **Procedimiento de solución de color de referencia**-Luego de haber pasado de 24 a 48 horas muestras en reposo, se llena una botella de vidrio aproximadamente a un nivel de 75 ml con la solución del color de referencia recién preparada no más de dos horas antes, se coloca este recipiente con la muestra del ensayo que estaba reposado junto a la botella con la solución del color de referencia y realizó una comparación visual de la luz que se trasmite a través del líquido sobrenadante en la parte superior de la muestra con el color de la luz transmitida a través de la solución del color de referencia, aquí tomamos nota de si el color del líquido sobrenadante es más claro, más oscuro o igual al color de la solución del color de la referencia.

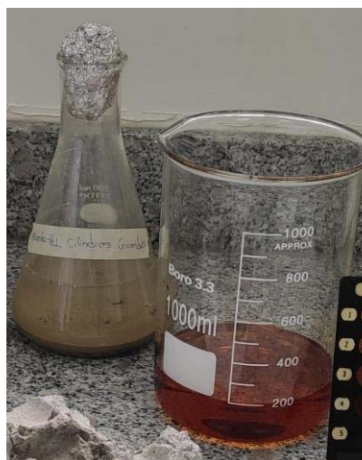


Ilustración 34. Ensayo solución de color de referencia.

Fuente: Propia



Ilustración 35. Solución de color para muestra 2

Fuente Propia

2. **Procedimiento del color del vidrio-** Realizar también este método el cual es más preciso utilizando el color del líquido sobrenadante de la muestra del ensayo, se utiliza un indicador que está compuesto por cinco colores de vidrio estándar, los cuáles son:

Tabla 14. Tabla indicadora de colores

Color Estándar Gardner	Plato Orgánico
No.	No.
5	1
8	2
11	3 (estándar)
14	4
16	5

Fuente: ASTM C40-04



Ilustración 36. Ensayo referencia color de vidrio.

Fuente: Propia



Ilustración 37. Referencia de color de vidrio para muestra 2.

Fuente Propia

- **Interpretación**

En el ensayo con referencia a la sustancia referencia se puede observar que la muestra #1 es más claro con relación al de referencia indicando que tiene una cantidad de materia orgánica baja ubicándose en un numero 8 este indica que el material es bueno y la muestra #2 está un poco más oscura relacionada con el color de referencia donde esta muestra que esta con una valoración de 11 a 14 con un bajo nivel de materia orgánica. En el ensayo del indicador de color de

vidrio se aprecia que está a igual relación con el numero neutro que es el 3 con muy poca materia orgánica, valores que no presentan gran afectación al material.

3.4.3 Determinación de Cloruros y Sulfatos

En este ensayo está basado en la norma INEN 865 la cual establece el método del ensayo para la determinación cuánticamente del contenido que tengas de cloruros y sulfatos las arenas naturales que se utilizan para la preparación del hormigón.

Este procedimiento se basa en la disolución en agua de los sulfatos y los cloruros contenidos en las muestras, para luego precipitarlas de la disolución mediante la acción de varios reactivos.

La cantidad de precipitados de cloruro de plata (AgCl) que se producirá en el caso de la determinación de cloruros, y de sulfatos de bario (BaSO₄) en el de los sulfatos, definirán la cantidad de cloruros y sulfatos solubles cuantitativamente que contienen nuestras dos muestras ensayadas.

- **Instrumental**

Para la realización de este ensayo se utiliza varios instrumentos en el laboratorio los cuales van a ser los siguientes:

- Balanza Analítica- que tenga una exactitud dentro de 0.1 mg. Sobre el intervalo de uso requerido por este ensayo.
- Balanza Ordinaria- que disponga de una exactitud dentro de 0.1 g.
- Matraces Erlenmeyer- de 500 cm³ de capacidad.
- Vaso de precipitación- de 250 cm³ a 300 cm³.
- Pipetas.

- Filtro Gooch- preparado con asbesto seco.
- Papel Whatman 42 o equivalente.
- Horno- con tamaño suficiente y capaz de mantener una temperatura uniforme de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Crisol de porcelana – previamente tarado.
- Mechero de Bunsen.

➤ **Reactivos.**

Se utilizaron los siguientes reactivos para la determinación de contenido de cloruros:

- Solución de nitrato de plata aproximadamente 0.1 N.
- Solución de ácido nítrico aproximadamente 0.01N.
- Ácido nítrico diluido 1:1.

Para la determinación de sulfatos deben utilizarse los siguientes reactivos:

- Ácido clorhídrico concentrado.
- Solución de cloruro de bario al 10%.
- Solución de cloruro de amonio al 10%.

• **Preparación de la muestra.**

Se obtuvieron dos muestras una de la parte superior y otra de la parte inferior del núcleo, luego se trituró hasta contener material que pase por el tamiz INEN 4.75 mm, estas obtuvieron una masa de aproximado 300 g.

De estas muestras se toma 100 g las cuales pesamos en la balanza ordinaria e introducimos en el matraz Erlenmeyer, luego es añadido exactamente 250cm^3

de agua destilada, el matraz es sellado, se agita completamente hasta que quede una muestra homogénea, esta se deja reposar de 18 a 24 horas.



Ilustración 38. Procedimiento ensayo obtención de cloruros.

Fuente: Propia

Posteriormente al lapso indicado, se filtra el contenido del matraz a través del filtro gooch previamente preparado con asbesto seco y se coloca en otro matraz Erlenmeyer, el cual es verificado antes que esté completamente seco para evitar que la solución se diluya.



Ilustración 39. Procedimiento ensayo obtención de cloruros.

Fuente: Propia

- **Procedimiento del Ensayo.**
 - **Determinación del contenido de cloruros.**

Dependiendo del contenido de cloruros, se transfiere, mediante la pipeta a un vaso de precipitaciones una alícuota de 10 a 100cm^3 de la solución preparada anteriormente, en esta se diluye la solución hasta 150cm^3 con agua destilada para luego añadir 1cm^3 de ácido nítrico diluido 1:1.

Posterior a esto se debe ir colocando gota a gota de solución de nitrato de plata, agitando el contenido hasta que deje de producirse el precipitado de cloruro de plata, al culminar con la operación anterior, se calienta el contenido hasta llegar a una temperatura de ebullición, agitándolo después para facilitar la coagulación de los precipitados, estas operaciones deben realizarse con muy poca luz.

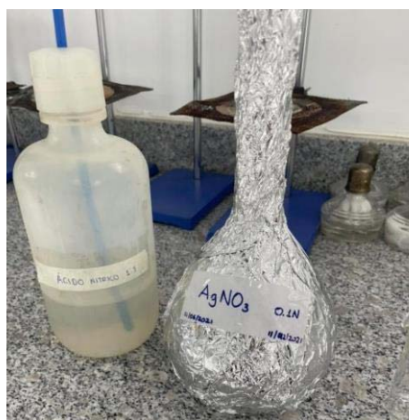


Ilustración 40. Reactivos ensayo obtención de cloruros.

Fuente: Propia

Se debe cubrir el vaso del precipitado con un vidrio de reloj y es colocado en un lugar oscuro por un lapso de dos horas, se filtra la solución a través de un Gooch tapado previamente con asbesto seco.

Las muestras que van quedando se lavan de dos a tres veces por medio de decantación, la parte del precipitado de cloruro de plata que queda en el vaso con solución de ácido nítrico aproximadamente 0.01 N, y luego se filtra a través

del Gooch, luego es lavado el precipitado con agua destilada para retirar el ácido nítrico.

Se deja secar el Gooch con el precipitado en el horno a una temperatura de $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta hacerle una masa constante que debe determinarse en la balanza analítica.

- **Determinación del contenido de sulfatos**

Para este se ubica a un vaso de precipitación una alícuota de solución generada en el anterior ensayo y se acidifica con ácido clorhídrico concentrado, posteriormente es agregado 5cm^3 de la solución de cloruro de amonio y se deja calentar el contenido hasta la ebullición.

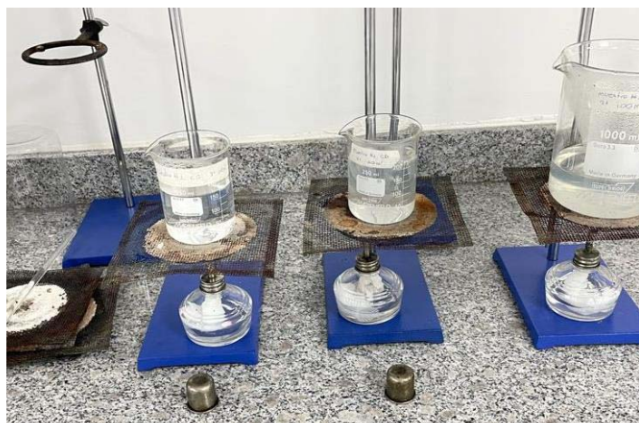


Ilustración 41. Ensayo obtención de sulfatos.

Fuente: Propia

Obteniendo la solución se observa que se volvió turbia entonces debe estar filtrado y lavado el filtro 5 veces con agua destilada, el líquido filtrado que se calienta hasta la ebullición se añade la solución de cloruro de bario gota a gota, es importante agitar fuertemente hasta que le haga un contenido homogéneo y que empieza a precipitarse el sulfato del bario, en este caso no se obtuvieron

precipitaciones debido a que las muestras obtenidas no se encuentran sulfatos al igual que cloruros por lo explicado anteriormente, por ello modificamos las muestras para demostrar las precipitaciones que se presentarían en caso de que hubieran sulfatos. Para esto se debe colocar muestras afectadas modificadas en el laboratorio las cuales se repite todo el procedimiento anterior y se deja hasta que se sedimente las precipitaciones de las muestras, esta se filtra a través de papel Whatman 42 y lo lavamos con agua destilada para eliminar los cloruros



Ilustración 42. Muestras de sulfatos.

Fuente: Propia

- **Interpretación**

En la determinación de los cloruros y sulfatos se determinó que estas muestras no obtuvieron afectación debido a que la construcción de los mismos no se utilizaron agentes corrosivos o salinos haciendo que el hierro presente en las muestras no se oxide, estos problemas se dan principalmente en las zonas costeras debido a que utilizan materiales provenientes del mar como arena que contenga sal o a su vez agua salada produciendo afectación en su estructura de hierro y reduciendo su resistividad en grandes cantidades haciéndola una estructura peligrosa.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS GENERADOS

Se extrajo las seis muestras de una misma losa de la empresa Indurama de Cuenca para ejecutar cada uno de los ensayos, debido a que, en cada uno de ellos, las muestras deben ser alteradas para obtener resultados.

De tal manera que, nuestro análisis de resultados parte de la ejecución de dichos ensayos sobre las muestras extraídas, de forma que podamos determinar si la resistencia de la estructura cumple o no con los parámetros correspondientes y así concluir si tiene o no una patología.

4.1 Interpretación y Análisis de los resultados obtenidos de los ensayos físicos

a. Análisis de la extracción de núcleo

Las muestras fueron sometidas a el primer ensayo que es la extracción de núcleo, que es un parámetro base para determinar una patología visual y en base a esto realizar los diferentes ensayos para determinar las patologías que pueden darse sobre el hormigón, ya que esta se fundamenta en extraer las muestras para realizar sus análisis.

b. Análisis de esclerometría

Este ensayo fue aplicado en la zona de donde se obtuvieron las muestras para nuestro estudio, como ya se ha mencionado este ensayo es bastante sencillo debido a que se utiliza un equipo en el que al momento de realizar un disparo nos arroja datos de resistencia y posterior a ello analizar y determinar el estado en este caso de la losa en la que se realiza el estudio.

Basados en la normativa ASTM C805 nos indica que debemos tener un numero de muestras específicas, es decir entre 9 y 20 datos, obtenidos dichos datos se procede con el resto del proceso que ha sido indicado en el capítulo anterior.

Los resultados que se obtuvieron en campo son los siguientes:



Ilustración 43. Muestra #1

Fuente: Propia



Ilustración 44. Muestra #2

Fuente: Propia



Ilustración 45. Muestra #3

Fuente: Propia



Ilustración 46. Muestra #4

Fuente: Propia



Ilustración 47. Muestra #5

Fuente: Propia



Ilustración 48. Muestra #6

Fuente: Propia



Ilustración 49. Muestra #7

Fuente: Propia



Ilustración 50. Muestra #8

Fuente: Propia



Ilustración 51. Muestra #9

Fuente: Propia



Ilustración 52. Muestra #10

Fuente: Propia

Los datos obtenidos del esclerómetro son la base para el resultado, ya que son sometidos a varios parámetros para conseguir la resistencia final del hormigón con el propósito de alcanzar un valor certero.

Una vez culminado cada proceso se obtuvo una resistencia de:

$$\underline{F'c = 194.8 \text{ kgf/cm}^2}$$

Se obtuvieron estos datos en base al ensayo de esclerometría, conociendo que este se realizó sobre las dos muestras en conjunto debido a que está formado por dos capas una encima de la otra, en la cual, el hormigón realizado a mano está ubicado en la parte inferior y el realizado con mixer en la parte superior, por lo cual el valor que nos arroja es un resultado valorado de las dos capas en conjunto.

Observando el resultado final del ensayo es fácil de notar que la estructura no es lo suficientemente resistente para el trabajo al que está sometido. Debido a que en la fábrica este hormigón está sometido a alto tráfico de vehículos pesados como: montacargas, gatas hidráulicas, por lo cual ya se lo ve desgastado, siendo esto un indicador de que este hormigón no fue correctamente elaborado o su diseño es erróneo a pesar de sus años de existencia.

c. Análisis de carga axial

- **Cilindro Grande**

En este ensayo se utilizaron dos cilindros de diferentes dimensiones de nuestra muestra indicados anteriormente en el capítulo tres, los mismos que fueron sometidos a una prensa para obtener los datos de la resistencia de la estructura de hormigón estudiada. Convirtiendo a este método en uno más sencillo y rápido.

El resultado obtenido por el ensayo de compresión para la muestra del cilindro grande es de:

$$F'c = 124 \text{ kgf/cm}^2$$



Universidad
Católica
de Cuenca

ENSAYO DE CARGA AXIAL
CILINDRO GRANDE

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_20210621_1329_xtux	Nombre de metodo de ensayo	Compresión.xmux
Fecha de informe	21/6/2021	Fecha de ensayo	21/6/2021
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,55kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
N°de partidas:	1	N°de muestras:	1

Nombre	Max_Fuerza	Max_Tension	Max_Desplazamiento	Max_Deformacion
Parametros	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas	Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	9910	124	1,79188	179188
Media	9910	124	1,79188	179188
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre	CASE1_Fuerza	EACS1_Desplazamiento	EACS1_Deformacion
Parametros	Desplazamiento 1 mm	Fuerza 1 kgf	Fuerza 1 kgf
Unidad	kgf	mm	%
1_1	7994,207	--	--
Media	7994,207	--	--
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	--	--

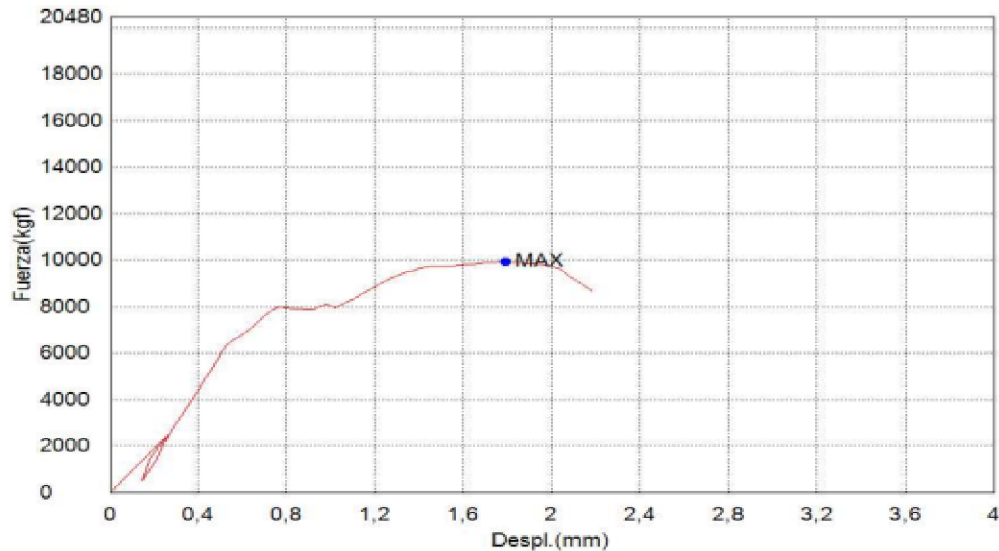


Ilustración 53. Resultado arrojado por el equipo de compresión del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca

Fuente: Resultado del equipo

El resultado obtenido es la muestra inferior que fue realizado a mano la cual, tiene un diseño principal de 140 kgf/cm^2 , pero este resultado se ha modificado debido a que en obra se realizó a mano, donde se visualizó que el tamaño de los

agregados era demasiado grande para las dimensiones de la losa, también se establece que el hormigón no alcanza su resistencia debido a que no existió un buen vibrado o simplemente no se realizó.

Al momento de realizar la extracción del núcleo esta se separó de la capa superior con terminados irregulares, los cuales fueron sometidas a una reparación para tratar de nivelar las caras para poder ingresar a la prensa, estas fueron las causas por cual se cree que el diseño no alcanzo su diseño original dando como resultado final nos de 124 kgf/cm^2

- **Cilindro Pequeño**

El resultado obtenido por el ensayo de compresión para la muestra del cilindro pequeño es de:

$$\underline{\mathbf{F'c = 142kgf/cm^2}}$$

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_20210621_1338.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Compresión.xmux
Fecha de informe	21/6/2021	Fecha de ensayo	21/6/2021
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,55kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas	Max_Tension Calc. at Entire Areas	Max_Desplazamiento Calc. at Entire Areas	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	11700	142	2.27900	227900
Media	11700	142	2.27900	227900
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Nombre Parametros	CASE1_Fuerza Desplazamiento 1 mm	EACS1_Desplazamiento Fuerza 1 kgf	EACS1_Deformacion Fuerza 1 kgf
Unidad	kgf	mm	%
1_1	6721.230	--	--
Media	6721.230	--	--
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0.00000	--	--

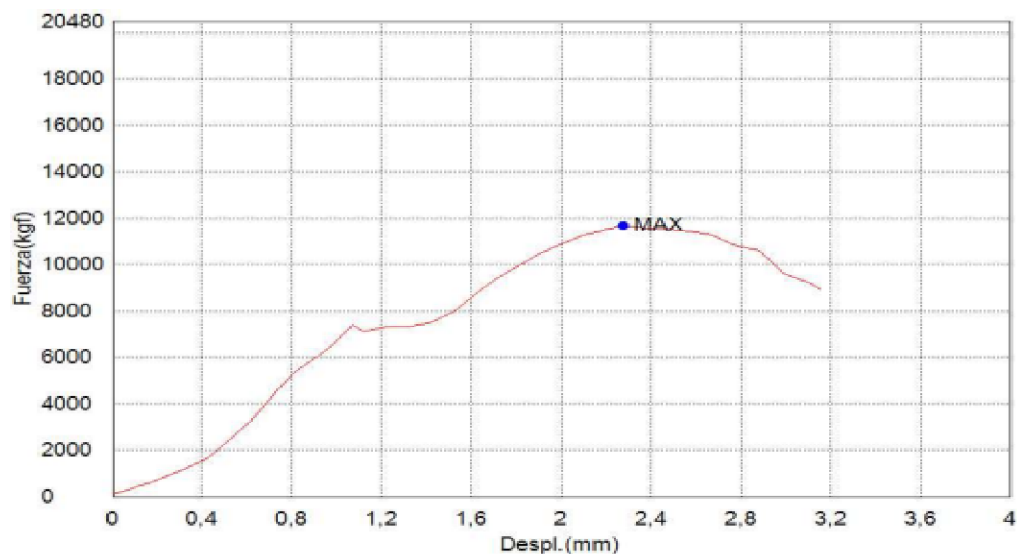


Ilustración 54. Resultado arrojado por el equipo de compresión del laboratorio de la Universidad Católica de Cuenca

Fuente: Resultado del equipo

En el análisis de esta muestra realizada con mixer hace algunos años se denota que no se ha cumplido lo colocado en obra con el diseño, también se puede corroborar que al momento de la extracción tuvo un similar problema como la muestra inferior, la cual observamos que al momento de separarse de la capa

inferior sufrió terminados irregulares, la cuales fueron reparar y nivelar para que sean ingresadas a la prensa y realizar el ensayo, dándonos como resultado una resistencia de 142kgf/cm^2

d. Análisis de humedad relativa

Hallar la humedad de una muestra es de suma importancia, ya que si se encuentra la presencia de la misma puede ser la principal causa a daños en el funcionamiento de una estructura de hormigón debido a varios factores influyentes. Para el estudio se utilizaron dos muestras.

Para ello se siguió los pasos según la normativa base, de manera que podamos obtener un resultado, el cual fue:

- Humedad de muestra número uno:

- **$\% \text{Humedad} = 1.108\%$**

- Humedad de muestra número dos:

- **$\% \text{Humedad} = 1.249\%$**

El porcentaje de humedad relativa que se encuentra en las dos muestras tiene un porcentaje bueno, ya que un porcentaje optimo que ayuda a preservar el hormigón y no crea una patología es de 5.5% o el nivel de humedad relativa no supera el 70%, para este caso la humedad se encuentra bajo estos niveles como se indica anteriormente, estos valores se dan por una razón, es decir, que la estructura estudiada se encuentra bajo techo, se denota que la muestra superficial contiene un porcentaje de humedad mayor que el inferior debido, a

que esta muestra recibe la parte de tránsito tanto peatonal como vehicular y además soporta la humedad del ambiente.

La humedad es un factor muy importante debido a que es uno de los principales causantes de varias patologías como es la oxidación, carbonatación, etc.

(TECNOPOL, 2018)

4.2 Interpretación y análisis de los resultados obtenidos de los ensayos químicos

a. Carbonatación

Para este ensayo se utilizaron dos muestras, que fueron extraídas de la misma losa y se analizaron de la siguiente forma.

La muestra #1 es netamente un hormigón fundido por mixer y la muestra #2 es un hormigón fundido a mano.

Lo que se realizó fue rociar con Fenolftaleína las dos muestras y esperar a un cambio de coloración que nos indique presencia de pérdida de Ph.

- Resultado de carbonatación muestra #1



Ilustración 55. Presencia de Carbonatación muestra #1

Fuente: Propia

Podemos observar una coloración morada-rosada que nos indica que el pH se mantiene en rango alcalino, es decir 10.

- Resultado de carbonatación muestra #2



Ilustración 56. Presencia de Carbonatación muestra #2

Fuente: Propia

Podemos observar el mismo resultado en la muestra #2, indica que el pH se mantiene en rango alcalino, es decir 10, por la coloración morada-rosada.

Al identificar la coloración rosa sobre la muestra, se puede confirmar la presencia de la patología.

b. Contenido de materia orgánica

Para efectuar este ensayo, se llevó a cabo con dos muestras, siendo de tal manera, muestra #1 el cilindro pequeño y muestra #2 cilindro grande. Los cuales fueron triturados y envasados en un recipiente de vidrio con los reactivos y se los dejó reposar durante 48h a 72h. El cambio de coloración en el líquido

sobrenadante debe ser comparado con el indicador con cinco colores de vidrio y se obtiene una respuesta.

- Coloración de la muestra #1:



Ilustración 57. Resultado de materia orgánica muestra #1.

Fuente: Propia

No existe coloración en el líquido de la muestra, por lo que no indica presencia de materia orgánica.

- Coloración de la muestra #2:



Ilustración 58. Resultado de materia orgánica muestra #2

Fuente: Propia

No hay presencia de coloración en el líquido de la muestra, por lo tanto, no existe materia orgánica en el hormigón.

Las muestras no se encuentran con esta patología debido a que los agregados que se han utilizado han sido previamente lavados y no han sido acumulados en zonas expuestas a una contaminación.

c. Determinación de Cloruros y Sulfatos

Utilizamos dos muestras, una de cilindro grande como muestra #1 y una de cilindro pequeño como muestra #2. Los cuales fueron sometidos a diferentes procedimientos de exposición a químicos, filtrados y decantaciones.

Dándonos como resultado que, ninguna de las dos muestras tenía la presencia de Cloruros y Sulfatos.



Ilustración 59. Decantación de las muestras para observar presencia de cloruros y sulfatos.

Fuente: Propia



Ilustración 60. Resultado de la muestra. No se observan residuos en el líquido de las muestras.

Fuente: Propia

4.3 Conclusiones y Recomendaciones

4.3.1 Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el trabajo de investigación y la respectiva revisión bibliográfica recopilada de diferentes medios y fuentes, se ha podido obtener como conclusiones lo siguiente:

- En conclusión, después de haber sometido varios ensayos tanto físicos como químicos a las muestras de este trabajo, se ha determinado que la estructura analizada se encuentra en buen estado, debido a que en un 70% los resultados de las pruebas han sido negativos para la presencia de una patología en el hormigón.
- Es fundamental mencionar que, durante la realización de los ensayos, existieron pruebas con resultado positivo a la presencia de una patología; sin embargo, no se generó una lesión grave sobre la estructura, debido a

la segunda capa que fue colocada como mantenimiento tiempo después a la que fue puesta inicialmente.

- Se utilizaron varias muestras de hormigón para someterlas a varios ensayos, y así determinar qué tipos de patologías se presentaron en dichas muestras, es por ello, que es necesario tener varias muestras para realizar distintos tipos de estudios, ya que, en ciertos ensayos las muestras serán alteradas como por ejemplo al momento de someter a una prensa la muestra y/o pulverizar las muestras para los ensayos químicos.
- Según previas investigaciones, la mayor causa por la que un hormigón adquiere una patología, es la presencia de humedad, por la exposición del mismo a varios factores o climas cambiantes durante el tiempo de vida.
- La causa principal de presentar una patología en un hormigón es la carencia de un mantenimiento sobre la estructura, evidenciando varios tipos de daños, así pues, para tener una estructura de hormigón en buen estado, se debe dar un mantenimiento constante y durante el tiempo de vida útil que este tenga.
- De acuerdo a las muestras utilizadas en el presente estudio, se determinaron patologías, las cuales pueden ser solucionadas de manera sencilla y únicamente con utilización de herramientas de mano y aditivos a utilizar.
- A pesar de la presencia de patologías encontradas en las muestras estudiadas, se puede decir que la condición del hormigón estudiado, todavía tiene su vida útil y considerando que las patologías son leves, se puede realizar una mejora y posterior mantenimiento.

- Con respecto a los resultados obtenidos en los ensayos de carga axial y esclerometría se ha podido evidenciar una variación de resultados, en los cuales, se demuestra que el cilindro pequeño que estaba en la parte superior dando hacia la superficie alcanza un 79 % de resistencia en base a su diseño, y el cilindro grande que estaba en la parte inferior alcanza un 89 % en base a su diseño. Esto se da debido a diferentes factores, uno de ellos fue la existencia de una junta por razones que la estructura fue fundida en dos capas separadas y a tiempos distintos, a diferencia de la esclerometría que se obtiene un valor mayor al obtenido en carga axial; esta variación se presenta porque el esclerómetro arroja un resultado total entre las dos capas, asimismo, en los resultados se debe a que funcionan y poseen rangos de error diferentes, denotando que el ensayo de esclerometría tiene un margen de error del 10% del valor al que fue diseñado, por lo tanto el ensayo de carga axial es más factible y viable.
- Para ejecutar el ensayo de carga axial se realizó una corrección de las muestras tomadas en campo, debido a que en nuestro caso tuvimos dos tipos de muestras diferentes, un cilindro grande donde solo se igualaron sus caras para obtener una distribución de la carga en toda la muestra y un cilindro pequeño el cual se tuvo que realizar una corrección del tamaño por medio de iteraciones hasta llegar a una relación longitud diámetro indicada por la normativa.
- En cuanto a los ensayos químicos realizados se ha podido verificar que únicamente se observó la presencia de carbonatación sobre las muestras, esto indica que el hormigón utilizado ha sido relativamente de buena calidad.

- Finalmente, en referente a los resultados obtenidos se puede concluir que la estructura estudiada ya no sería útil para la función que ésta cumplía, principalmente evidenciando que los resultados de las resistencias ya no eran lo suficiente para soportar las cargas a las que inicialmente fueron diseñadas.

4.3.2 Recomendaciones

- Es importante recalcar que existen más métodos para la identificación de patologías en un hormigón, y para ello es recomendable seguir y cumplir la metodología de una normativa que sea válida y que ya ha sido aplicada en estudios anteriores para garantizar que los resultados sean reales.
- Se debe realizar mantenimientos cada cierto tiempo para evitar el deterioro del hormigón y, por ende, evitar la presencia de patologías.
- De acuerdo a los resultados obtenidos es importante realizar siempre un estudio del estado de una estructura antes de realizar cualquier modificación a la misma para conocer cuál será el proceso correcto según se requiera.
- Es de suma importancia cumplir con los diseños establecidos por las normas de construcción, ya que esto evitará el daño o colapso de la estructura en su totalidad.
- Utilizar materiales que estén en buenas condiciones y se ajusten a las necesidades del diseño estructural.

- Tener cuidado de los ensayos destructivos en el momento de toma de muestra, como es en el caso de extracción de núcleo.
- Siempre tener en cuenta el lugar o punto de ubicación de un hormigón, para poder prepararlo y adecuarlo de manera que, pueda resistir a diferentes factores a los que se verá expuesto durante su vida útil.

Bibliografía

- Adrianzén, W., & Cruz, J. (2020). *Calidad del concreto en edificaciones autoconstruidas en el casco urbano del distrito de callería en los años 2018 y 2019* [Universidad Nacional de Ucayali]. <http://www.repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4569>
- Aguilar, D. (2017). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de regadío, desde las progresivas 1 + 100 a 2 + 100 ubicado en el centro poblado Huallhua, Distrito de Huaccana, provincia de Chincheros, región Apurímac, mayo -2017* [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/2875>
- Asesores, I. (29 de Marzo de 2021). *Ingenieros Asesores*. Obtenido de Ingenieros Asesores: <https://ingenierosasesores.com/actualidad/grietas-estructurales-peligrosas-como-identificarlas-repararlas/>
- Berru, K. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías en el concreto del canal Cumbibira desde la Progresiva Km 0+000 al km 1+000 centro poblado Paredones, distrito de Catacaos, provincia de Piura, departamento de Piura—noviembre 2018* [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/11356/PATHOLOGIES_CHANNE_L_BERRU_ZURITA_KEYLA_LIBNI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chan, J., Solís, R., & Moreno, É. (2003). *Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto*. 39-46.
- Fernández, C. (2018). *Evaluación estructural mediante ensayos destructivos y no destructivos del puente vehicular Reque (Km 773+000) tipo reticulado del distrito de Chiclayo, provincia de Lambayeque 2018*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.
- FPrimerc. (2020, enero 9). *5 Methods for On-Site Evaluation of Concrete Strength*. FPrimeC Solutions Inc. <https://www.fprimec.com/on-site-evaluation-of-concrete-strength/>
- GROUP, E. (2019). Guía de Especificación para el tratamiento de fisuras en el Concreto. *EUCLID GROUP TOXEMENT*, 28.
- Harmsen, T. E. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado*. Fondo Editorial PUCP. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gr3Ga9_NB4C&oi=fnd&pg=PA1&dq=historia+del+concreto&ots=0GGs_xZOQv&sig=VKMo0VXzUgK0j6a3HJ-kpEgm_PA#v=onepage&q&f=true
- Hulimka, J., & Kałuża, M. (2020). Basic Chemical Tests of Concrete during the Assessment of Structure Suitability—Discussion on Selected Industrial Structures. *Applied Sciences*, 10(1), 358. [EN](#)
- INEN. (22 de 06 de 2010). *NTE INEN 1573*. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1573.pdf>
- Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala - ICCG. (2019). *Boletín Técnico ICCG. Núcleos perforados para la evaluación de la resistencia a compresión del concreto endurecido* (p. 4). <https://www.iccg.org.gt/index.php/component/phocadownload/category/17-boletines-tecnicos?download=442:boletin-tecnico-07-nucleos-perforados-para-la-evaluacion-de-la-resistencia-a-compresion-del-concreto-endurecido#:~:text=La%20extracci%C3%B3n%20y%20ensayo%20de,hidr%C3%A1ulico%20de%20una%20estructura%20existente.&text=Extracci%C3%B3n%20de%20n%C3%BAcleos%20para%20determinar%20la%20resistencia%20del%20concreto.>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *NTE INEN 1573:2010Hormigón de cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico*.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *Árido fino para hormigón. Determinación del efecto de las impurezas orgánicas en la resistencia de morteros*.
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/866.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2015). *NTE INEN 1855-2 Hormigones. Hormigón preparado en obra. Requisitos*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1855-2.pdf
- Jedidi, M. (2018). Evaluation of the concrete quality using destructive and non- destructive tests. *MOJ Civil Engineering, Volume 4*(Issue 4). <https://doi.org/10.15406/mojce.2018.04.00122>
- Kim, T. H., Chae, C. U., Kim, G. H., & Jang, H. J. (2016). Analysis of CO2 Emission Characteristics of Concrete Used at Construction Sites. *Sustainability, 8*(4), 348.
<https://doi.org/10.3390/su8040348>
- LABOMAT. (2019). *Labomat Instruments & Specialites*. Obtenido de Labomat Instruments & Specialites: <https://labomat.eu/es/preguntas-frecuentes-temperatura-higrometria/762-medicion-de-la-humedad-relativa-del-hormigon.html>
- León, G. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, muros y sobrecimientos de albañilería confinada del cerco de la pesquera Conservas de Chimbote La Chimbotana de la urbanización Gran Trapecio, distrito de Chimbote, provincia del Santa, Región Áncash, abril-2017*. Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.
- Mogollón, D. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego T-52 de la comisión de usuarios El Algarrobo Valle Hermoso, sector La Peñita, Distrito de Tambogrande, provincia de Piura, región Piura, agosto-2016* [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1594>
- Mohan, K. (s. f.). Physical Tests on Cement. *Civil Engineering*. Recuperado 16 de junio de 2021, de <https://www.civilengineeringx.com/traditional-materials/physical-tests-on-cement/>
- Montani, R. (14 de 12 de 2000). *Construcción y tecnología*. Obtenido de <http://www.imcyc.com/revista/2000/dic2000/carbonatacion.htm>
- Muñoz, J. (2012). *Guía metodológica para la identificación, análisis y tratamiento de patologías en estructuras de concreto reforzado en edificaciones* [Universidad Libre de Pereira]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/16988/GUIA%20METODOLOGIA%20PARA%20LA%20IDENTIFICACION.pdf?sequence=2>
- Obregón, L. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto en vigas, columnas, muros y sobrecimientos de albañilería del cerco del Molino Santo Domingo del asentamiento humano Santo Domingo, Distrito de Chimbote, provincia de Santa, región Áncash, enero-2019* [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/15717>
- Pacheco, L. (2017). *Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido*. Universidad José Carlos Mariátegui.
- Rahman, R. (s.f.). *¿Qué es el hormigón? Composición y tipos de hormigón - Ingeniería civil*. <https://civiltoday.com/civil-engineering-materials/concrete/270-concrete-definition-components-types>
- Rivera, G. (2019). *Estudio analítico para contrarrestar las patologías comunes en estructuras de concreto armado de la infraestructura educativa en la ciudad de Puno*.
- Rodríguez, F. (2014). *Uso de polímeros en la reducción de patologías de origen químico en estructuras de concreto* [Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1517>

- Ruiz, J. C. (2003). *Cálculos y conceptos en la historia del hormigón armado*. Madrid: Ibergráficas,S.A. Recuperado el 2021, de <http://academiadelanzarote.es/Discursos/Discurso%2005.pdf>
- Sánchez de Guzmán, D. (2001). *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Pontificia Universidad Javeriana. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EWq-QPJhsRAC&oi=fnd&pg=PA5&dq=concreto+en+la+construcci%C3%B3n&ots=gZEVHjsYFo&sig=Wwb_Nkic-JQNHswc956PZahfiAl#v=onepage&q=concreto%20en%20la%20construcci%C3%B3n&f=true
- Sharma. (2017, septiembre 12). *ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF CONCRETE*. Civilengineering subject Tutorial. <https://civilengineering.blog/2017/09/12/advantages-and-disadvantages-of-concrete/>
- Spangler, J. (2014, enero 17). *Relative Humidity Testing and the Rapid RH®*. Wagner Meters. <https://www.wagnermeters.com/concrete-moisture-test/concrete-info/relative-humidity-testing-rapid-rh/>
- Spangler, J. (2021). Concrete Moisture Test [Best Practices]. *Concrete Moisture*. <https://www.concretemoisture.com/contractors/rh-testing-practices/>
- TECNOPOL . (15 de 06 de 2018). *TECNO MAGAZINE*. Obtenido de TECNO MAGAZINE: <https://tecnapol.es/newsletter/TECNOMAGAZINE-N8-es.pdf>
- Zavala, A. (2016). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto del canal sub lateral 9+265 entre las progresivas 0+000-0+500 sector Cieneguillo Centro, distrito de Sullana, provincia Sullana, región Piura, Julio-2016* [Universidad Católica Los Ángeles Chimbote]. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1608>

ANEXOS

➤ Ensayo de Extracción de Núcleos



Extracción de Núcleos



Extracción de Núcleos



Muestras extraídas

➤ **Ensayo de Esclerometría**



Realizando disparo

MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO	
NUMERO DE MUESTRA	RESULTADO
1	40
2	31
3	39
4	29
5	37
6	36
7	34
8	30
9	35
10	28
11	31
12	38
13	39
14	26
15	38

Tabla de datos obtenidos esclerómetro



Muestra #2



Muestra #4



Muestra #6



Muestra #8



Muestra #10

Corrección para sacar la resistencia en el ensayo de esclerometría																																				
1 Datos Obtenidos en Campo		2 Calculo del Valor Medio				3 Corrección de la direccion de Impacto																														
MUESTRAS TOMADAS EN CAMPO																																				
NUMERO DE MUESTRA	RESULTADO																																			
1	40																																			
2	31																																			
3	39																																			
4	29																																			
5	37																																			
6	36																																			
7	34																																			
8	30																																			
9	35																																			
10	28																																			
4 Corrección por condicion de humedad en la superficie ΔR_w		5 Edad del hormigón α_n																																		
$\Delta R_w = +3$ Muestra Ligeramente humeda	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ages n (days)</th> <th>10</th> <th>20</th> <th>28</th> <th>50</th> <th>100</th> <th>150</th> <th>200</th> <th>300</th> <th>500</th> <th>1000</th> <th>3000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>α_n</td> <td>1.55</td> <td>1.12</td> <td>1.00</td> <td>0.87</td> <td>0.78</td> <td>0.74</td> <td>0.72</td> <td>0.70</td> <td>0.67</td> <td>0.65</td> <td>0.63</td> </tr> </tbody> </table>												Ages n (days)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000	α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63
Ages n (days)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000																									
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63																									
$\Delta R_w = +5$ Muestra totalmente humeda																																				
$\Delta R_w = +0$ Muestra seca	$\alpha_n = 0,63$				El valor obtenido es debido a que el hormigón pasa los 3000 días después de haber sido fundida.																															
6 Valor de calibracion del equipo R_a		7 Determinacion de R_{ao}				8 Corrección de R																														
El valor de calibracion del quipo va a depender del uso del equipo,		Valor indicado por el equipo				$R = R_o * \frac{R_a}{R_{ao}} + \Delta R + \Delta R_w$																														
$R_a = 80,6$		$R_{ao} = 80$				$R = 34 * \frac{80,6}{80} + 3,7 + 0$																														
						$R = 37,96$																														
9 Determinación de la resistencia a la Compresión																																				
$F'c = 0.098 * (184 + 13(R)) * \alpha$																																				
$F'c = 0.098 * (184 + 13(37.96)) * 0.63$						Finalmente se obtiene una resistencia de 19,10 N/mm2																														
						El resultado en Kgf/cm2 obtenemos un resultado de: $F'c = 194.8 \text{ kgf/cm}^2$																														

Corrección ensayo Esclerometría

➤ **Ensayo de Humedad Relativa**



Muestra ingresando a trituradora



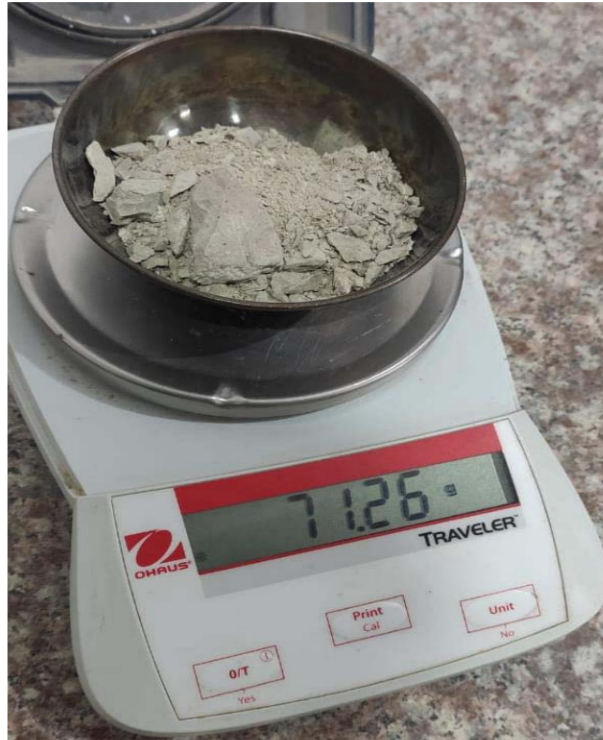
Muestra triturada



Muestra triturada



Muestra en estado natural antes de meter al horno



Muestra posterior al proceso de secado en el horno

➤ **Ensayo de Compresión Axial**



Ensayo carga axial



Ensayo carga axial

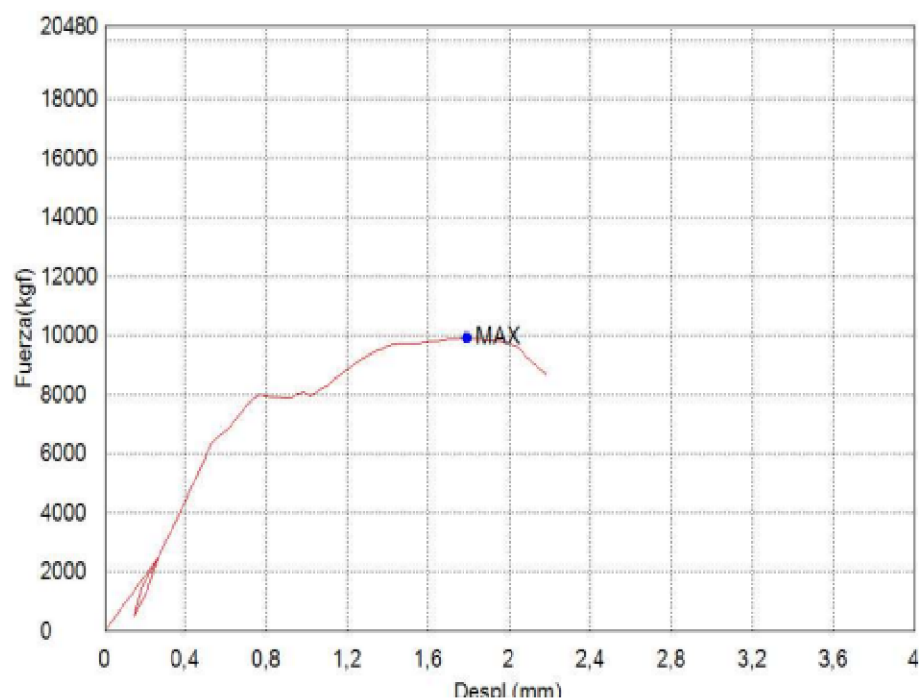


Ensayo carga axial

Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_20210621_1329.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Compresión.xmux
Fecha de informe	21/6/2021	Fecha de ensayo	21/6/2021
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,55kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nº de partidas:	1	Nº de muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas	Max_Tension Calc. at Entire Areas	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1_1	9910	124	1,79188	179188
Media	9910	124	1,79188	179188
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros	CASE1_Fuerza Desplazamiento 1 mm	EACS1_Desplazamiento Fuerza 1 kgf	EACS1_Deformacion Fuerza 1 kgf
Unidad	kgf	mm	%
1_1	7994,207	--	--
Media	7994,207	--	--
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	--	--



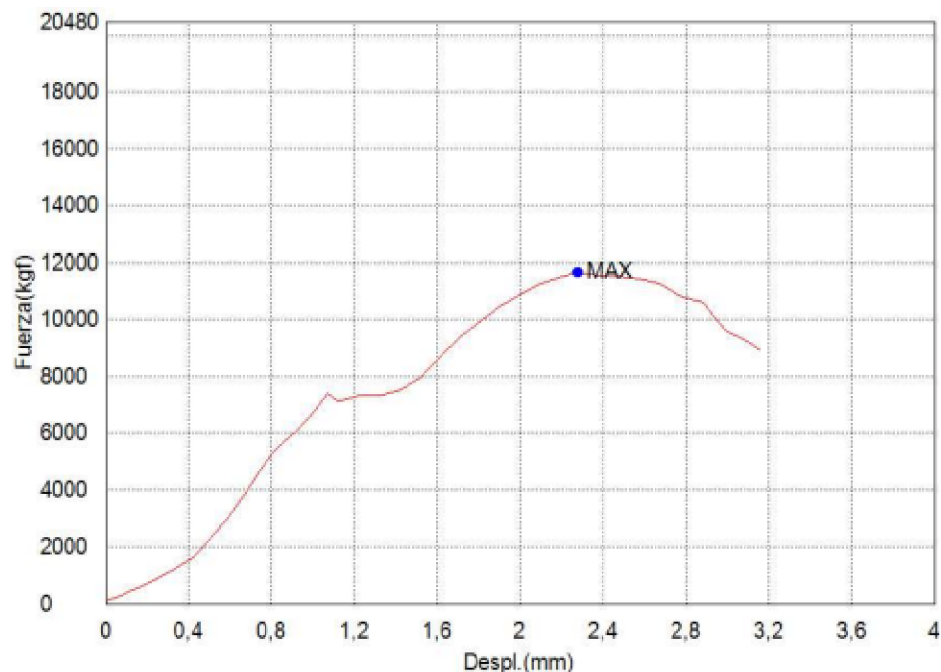
Resultado carga axial #1



Palabra llave		Nombre de producto	
Nombre de archivo de ensayo	Compresión_20210621_1338.xtux	Nombre de metodo de ensayo	Compresión.xmux
Fecha de informe	21/6/2021	Fecha de ensayo	21/6/2021
Modo de Ensayo	Concrete	Tipo de ensayo	Compresion
Velocidad	2,55kgf/cm2/sec	Forma	Cylinder
Nºde partidas:	1	Nºde muestras:	1

Nombre Parametros	Max_Fuerza Calc. at Entire Areas	Max_Tension Calc. at Entire Areas	Max._Desplazamiento Calc. at Entire Areas	Max_Deformacion Calc. at Entire Areas
Unidad	kgf	kgf/cm2	mm	%
1 _ 1	11700	142	2,27900	227900
Media	11700	142	2,27900	227900
Desviacion Estandar	--	--	--	--
Rango	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Nombre Parametros	CASE1_Fuerza Desplazamiento 1 mm	EACS1_Desplazamiento Fuerza 1 kgf	EACS1_Deformacion Fuerza 1 kgf
Unidad	kgf	mm	%
1 _ 1	6721,230	--	--
Media	6721,230	--	--
Desviacion Estandar	--	--	--
Rango	0,00000	--	--



Resultado carga axial #2

Ensayo de Carbonatación



Ensayo carbonatación



Resultado carbonatación



Muestra para carbonatación



Muestras antes de ser roceadas

Ensayo de Contenido de Materia Organica



Químico para ensayo de materia orgánica



Químico para ensayo de materia orgánica



Químico para ensayo de materia orgánica



Reactivos base



Resultado muestra #1



Resultado muestra #2

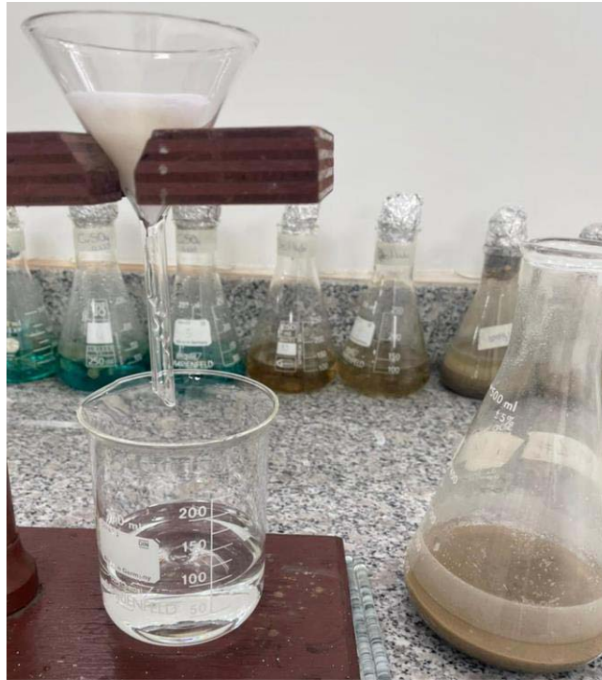
Ensayo Determinación de Cloruros



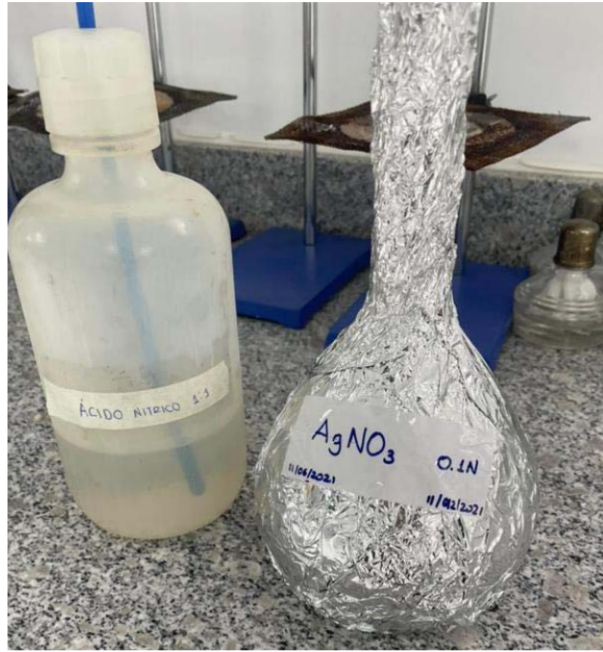
Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



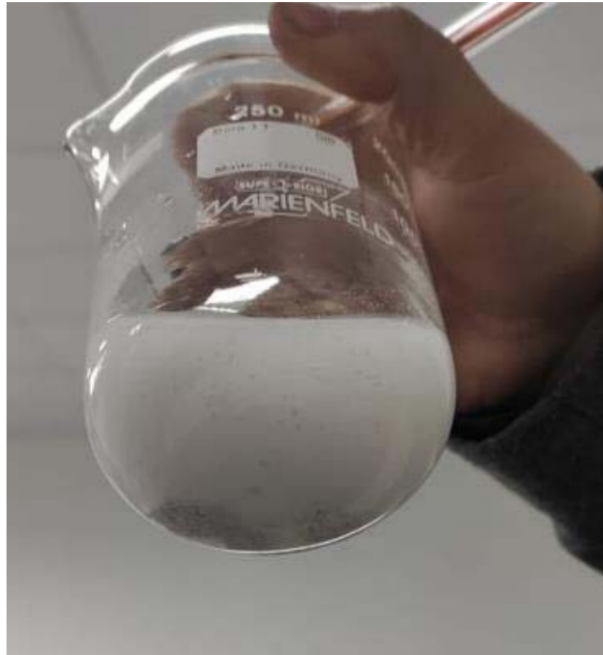
Materiales y proceso para determinación de cloruros



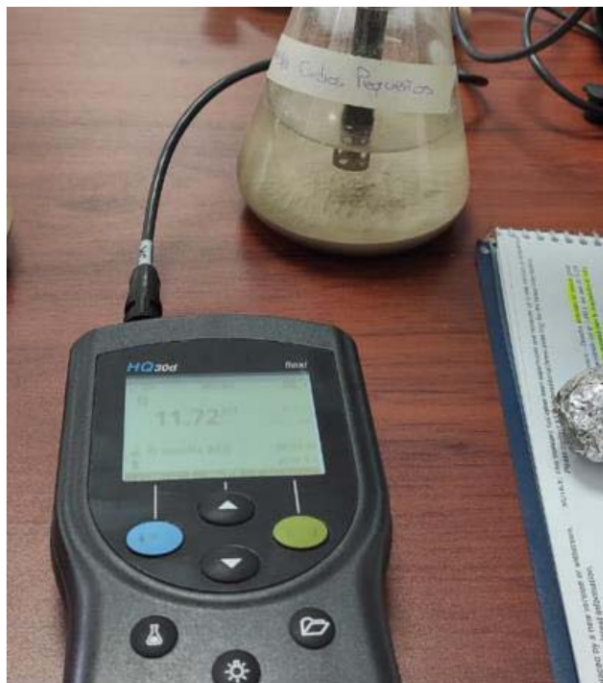
Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Materiales y proceso para determinación de cloruros



Muestras para cada ensayo químico

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Nosotros, Lenin Sebastián Soliz Miranda y José David Ulloa Aguilar portadores de las cédulas de ciudadanía N° 0105872931 y N° 0105994909. En calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Mecanismos de evaluación y diagnóstico de patologías que puede exponer un hormigón” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconocemos a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

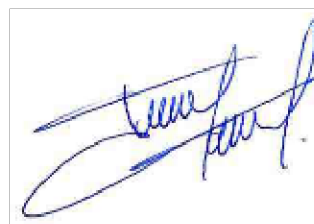
Cuenca, 21 de febrero de 2022



Lenin Sebastián Soliz Miranda

0105872931

AUTOR



José David Ulloa Aguilar

0105994909

AUTOR