

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Análisis comparativo de la resistencia a compresión de núcleos de hormigón de diferentes diámetros extraídos en el Ecuador.**

**Proyecto de investigación**

**Karla Elizabeth Saá Paredes**

**Ingeniería Civil**

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Civil

Quito, 2 de mayo de 2019

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ  
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Análisis comparativo de la resistencia a compresión de núcleos de  
hormigón de diferentes diámetros extraídos en el Ecuador.**

**Karla Elizabeth Saá Paredes**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gustavo Boada, Ing.

Firma del profesor

---

Quito, 2 de mayo de 2019

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Karla Elizabeth Saá Paredes

Código: 00121132

Cédula de Identidad: 1803485141

Lugar y fecha: Quito, 2 de mayo de 2019

## **Agradecimientos**

Expreso mi agradecimiento primero a mi tutor Gustavo Boada, quien durante este tiempo ha sido mi guía a lo largo de este proyecto. Asimismo, y de manera especial agradezco a la Ing. Mercedes Villacís por ser la principal incentivadora en la realización de esta investigación y por su apoyo constante. A mis amigos un especial agradecimiento por su tiempo, colaboración y dedicación siempre que lo necesité: Juan Pablo Espinoza, Luis Navas, Jorge Carpio.

Finalmente, agradezco infinitamente a mis padres y mi hermana por su apoyo a lo largo de todo este camino que no fue fácil, pero siempre estuvieron a mi lado hasta lograr este objetivo. Y mi cariño y gratitud a mis amigos más cercanos por su respaldo.

## RESUMEN

El presente proyecto surge como necesidad de analizar, comparar y verificar las resistencias que proporcionan las extracciones de núcleos de hormigón. En este experimento se analizó núcleos con diferentes magnitudes de diámetros, debido a que en el medio ecuatoriano no siempre se extraen núcleos de las mismas dimensiones y características, aunque se cumple con la norma ASTM C 42.

Para alcanzar los resultados y comparar las resistencias, se ha realizado extracciones de núcleos en bloques con brocas de diferentes medidas de diámetro existentes en el medio. Los bloques ensayados cuentan con diferentes relaciones agua/cemento. Estas pruebas se ensayaron a compresión a los 28 días, cumpliendo con lo dicho en la norma ASTM C 42.

**Palabras claves:** Extracción, núcleos, resistencias, diámetros, hormigón, ASTM C42, norma, análisis comparacional.

## ABSTRACT

This project takes place given the need to analyze, to compare and to verify the resistances provided by the results when extracting concrete cores. This analysis starts from the different diameters to be tested that have these cores. Although the procedure for the cores follows the ASTM C 42 standard, due to the different instruments used in the field, variations can be found that modify the final results of the resistances to be obtained.

In order to achieve the results and compare the resistances, core extractions have been done in blocks with bits that meet the diameters given by the standard and extractions with the existing drill bits in the field. The tested blocks have different water / cement ratios. These samples were tested in compression at 28 days, fulfilling what was said in the ASTM C 42 standard. In order to determine the variation, the resistances of these specimens' are compared to the minimum differences in diameters in the instruments for obtaining concrete cores.

**Key Words:** Extraction, cores, resistances, diameters, concrete, ASTM C42, standard, comparative analysis.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 Antecedentes.....	12
1.2 Justificación .....	14
1.3 Objetivo General.....	15
1.4 Objetivos Específicos.....	15
<b>2. DESARROLLO DEL TEMA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Marco Teórico .....	16
2.1.1 Parámetros para el estudio y diseño de Mezclas.....	16
2.2 Normas .....	16
2.2.1 Norma ASTM C 42-18 Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete .....	16
2.2.2 Condiciones de la norma .....	17
2.2.3 Relación del problema con la norma ASTM C 42 .....	18
2.2.4 ASTM C 136-14 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.....	19
2.2.5 ASTM C192-18: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.....	20
2.2.6 ASTM C143-15: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete (Prueba de revenimiento para concreto hidráulico).....	21
2.2.7 ASTM C 231-17: Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method (Prueba de contenido de aire bajo presión en hormigón fresco).....	22
2.2.8 ASTM C39-18: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.....	22
2.3 Materiales.....	23
2.4 Diseño de la Mezcla.....	28
2.4.1 Proceso de elaboración de mezcla, bloques y cilindros.....	31
<b>3. DISCUSIONES Y RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Resultados de asentamiento, contenido de aire en cada dosificación .....	33
3.2 Resultados de resistencia por compresión de cilindros de cada dosificación.....	35
3.3 Resultados de la extracción de núcleos .....	38

<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>46</b>
<b>6. ANEXOS.....</b>	<b>48</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Relaciones de longitud diámetro de núcleos de hormigón en función a su factor (Fuente ASTM C 42-18).....	18
<b>Tabla 2:</b> Cantidad en kg de muestras mínimas de agregado a tamizar (Fuente ASTM C 136-14).....	19
<b>Tabla 3:</b> Especificaciones para cilindros de hormigón ( Fuente ASTM C 192-14).....	20
<b>Tabla 4:</b> Especificaciones de varillado para cilindros de hormigón (Fuente ASTM C 192-14).....	21
<b>Tabla 5:</b> Especificaciones de trabajabilidad y revenimiento.....	21
<b>Tabla 6:</b> Características del revenimiento (Fuente ASTM C 143-15).....	22
<b>Tabla 7:</b> Especificaciones para cilindros de hormigón a compresión ( Fuente ASTM C 39-18).....	23
<b>Tabla 8:</b> Granulometría para agregado fino de la cantera de Pifo.....	24
<b>Tabla 9:</b> Granulometría para agregado grueso de la cantera de Pifo.....	25
<b>Tabla 10:</b> Granulometría ajustada de agregado grueso.....	27
<b>Tabla 11:</b> Resultados de material y volumen para dosificación No. 1 .....	29
<b>Tabla 12:</b> Resultados de material y volumen para dosificación No. 2 .....	30
<b>Tabla 13:</b> Resultados de material y volumen para dosificación No. 3 .....	31
<b>Tabla 14:</b> Resultados y características de la dosificación No. 1 .....	33
<b>Tabla 15:</b> Resultados y características de la dosificación No. 2 .....	34
<b>Tabla 16:</b> Resultados y características de la dosificación No. 3 .....	35
<b>Tabla 17:</b> Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 1 .....	36
<b>Tabla 18:</b> Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 2 .....	36
<b>Tabla 19:</b> Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 3 .....	37
<b>Tabla 20:</b> Resultado de resistencia de las primeras extracciones de nucleos con la broca de 94mm de diámetro. ....	38
<b>Tabla 21:</b> Resultado de resistencia de extracciones de núcleos de 94mm de diámetro..	39
<b>Tabla 22:</b> Resultado de resistencia de extracciones de 50 mm de diámetro.....	40
<b>Tabla 23:</b> Resultados finales de resistencias a la compresión.....	40
<b>Tabla 24:</b> Diferencia en porcentaje de la resistencia a compresión de cilindros y núcleos. ....	40

<b>Tabla 25:</b> Comparación de resultados de resistencia frente a Normativa Ecuatoriana (NEC-15).....	41
<b>Tabla 26:</b> Porcentaje de diferencia de núcleos en relación al 85% de la resistencia de diseño. ....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Curva granulométrica para agregado fino.....	24
<b>Figura 2:</b> Curva granulométrica para agregado grueso.....	26
<b>Figura 3:</b> Curva granulométrica para agregado grueso ajustada.....	27
<b>Figura 4:</b> Crecimiento y Resistencia de dosificaciones.....	37
<b>Figura 5:</b> Gráfica comparativa de las resistencias obtenidas en MPa aplicando factor de corrección.....	39
<b>Figura 6:</b> Gráfica comparativa de resistencias de núcleos y cilindros de las 3 dosificaciones.....	41
<b>Figura 7:</b> Gráfico comparativo de cilindros y núcleos frente al 85 % de la resistencia inicial de las dosificaciones.....	42
<b>Figura 8 :</b> Resultado de resistencias a compresión por tipo de curado de cilindros y núcleos.....	43
<b>Figura 9:</b> Dosificación de materiales.....	48
<b>Figura 10:</b> Concretera utilizada "ImerGroup".....	48
<b>Figura 11 :</b> Mezcla de materiales.....	49
<b>Figura 12 :</b> Enconfrado y cilindros de las mezclas dosificadas.....	49
<b>Figura 13:</b> Bloques obtenidos.....	49
<b>Figura 14 :</b> Bloques obtenidos.....	50
<b>Figura 15:</b> Bloques para curado en seco y en piscina de curado.....	50
<b>Figura 16:</b> Bloques para curado en seco y en piscina de curado.....	50
<b>Figura 17:</b> Proceso de extracción de núcleos.....	51
<b>Figura 18:</b> Proceso de extracción de núcleos de 94 mm de diámetro.....	51
<b>Figura 19:</b> Cilindros a compresión.....	51
<b>Figura 20:</b> Cilindros a compresión.....	52
<b>Figura 21:</b> Núcleos de 94 mm de diámetro a compresión.....	52
<b>Figura 22:</b> Ejemplo de Resultado de resistencias obtenidas en núcleos.....	52
<b>Figura 23:</b> Ejemplo de Resultado de resistencias obtenidas en cilindros.....	53
<b>Figura 24:</b> Tipos de roturas en núcleos y cilindros.....	53

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Antecedentes

En el país, existen estructuras en donde por eventos como amenazas naturales, fallas estructurales, o cortos periodos de tiempo de vida útil, el hormigón no es capaz de cumplir con las funciones para lo que fueron diseñados y empieza a sufrir daños y fallencias que no se tienen previstas.

El primer estudio que se realiza al existir daños en el hormigón es determinar si cumplen con la resistencia a la compresión a la que fueron diseñados.

Para saber con exactitud cual es la resistencia con la que el hormigón está trabajando, en Ecuador la Camicom (2015) recomienda se realice pruebas no destructivas como :

- Ensayo de Martillo
- Número de rebote o Esclerómetro (ASTM C 805)
- Resistencia a la Penetración (ASTM C 803)
- Velocidad de pulso a través de Hormigón (ASTM C 597-16)

Sin embargo, estos no son métodos que permiten aceptar o rechazar a totalidad la calidad del hormigón, para ello y cuando el daño en el hormigón es de alto grado, se opta como última instancia la extracción de núcleos de hormigón de las estructuras, método que permite determinar si el hormigón cumple con la resistencia a compresión diseñada.

La extracción de núcleos de hormigón se basa en la norma ASTM C 42, misma que en su aplicación dicta que los diámetros de los especímenes a extraer deben ser de 94mm de diámetro o en ciertos casos muestras con diámetros pequeños de 50mm. La norma no impide que estos sean mas pequeños, pero recuerda que se tenga en cuenta la existencia de variación en la resistencia y por ende en los resultados requeridos.

Sin embargo, en el medio ecuatoriano, al hacer extracción de núcleos, los aparatos utilizados, en este caso las brocas, que es el instrumento con el que se extrae los núcleos, a pesar de que cumplen con la norma, hay casos en donde las extracciones se realizan con distintos diámetros, y que de alguna manera inciden en la resistencias y resultados finales que se busca tener al hacer estudios en el hormigón.

Adicionalmente en el análisis de extracción de núcleos, sin tomar en cuenta el tamaño de diámetro de dichos núcleos, en el Ecuador la Norma Ecuatoriana de la construcción indica que “Los núcleos son adecuados estructuralmente si el promedio de 3 de estos es por lo menos igual al 85% de  $f'c$ , pero además, ningún núcleo puede presentar una resistencia menor al 75%  $f'c$ . “ (NEC-2015).

## 1.2 Justificación

En el Ecuador, existen ciertas estructuras en donde el hormigón no cumplen con la resistencia para lo que fueron diseñadas, y para verificar su calidad y dicha resistencia los ensayos de tipo no destructivo no son suficientes para determinar la validez del hormigón, en función a esto y para determinar con mayor exactitud la resistencia final, se usa la técnica de la extracción de núcleos.

Para la extracción de estos núcleos, se usa la norma ASTM C 42, misma que indica el proceso de obtención de especímenes a ensayar , sin embargo debido al tipo de las diferentes infraestructuras en el Ecuador, a los instrumentos con los que se hacen dichos estudios y a las distintas adversidades, los núcleos extraídos no son siempre iguales y tienen variaciones en sus dimensiones.

Por esta razón nace la necesidad de analizar, verificar y comparar la resistencia a la compresión de núcleos con variaciones en el tamaño de su diametro y que provienen de un mismo ejemplar .

### **1.3 Objetivo General**

Comparar el resultado de la resistencia final a la compresión de núcleos de hormigón de 94 mm de diámetro indicado en la norma ASTM-C42 con muestras extraídas que tienen variación de medida en su diámetro.

### **1.4 Objetivos Específicos**

- Diseño de mezclas para la elaboración de núcleos con relaciones agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.47.
- Extracción de núcleos de las mezclas realizadas pasado los 28 días.
- Ensayo de los especímenes mediante el uso de la norma ASTM C 42.
- Análisis comparativo de la resistencia de los núcleos de 94mm frente a los especímenes extraídos con diferente diámetro de 50 mm.
- Análisis comparativo de las resistencias a la compresión obtenidos en los núcleos en función a las distintas formas de curado.

## **2. DESARROLLO DEL TEMA**

### **2.1 Marco Teórico**

#### **2.1.1 Parámetros para el estudio y diseño de Mezclas.**

Para poder ensayar núcleos de hormigón, se optó por la elaboración de especímenes con relación agua/cemento de 0.40, 0.45 y 0.47. Para la elaboración de estas mezclas de hormigón tradicional se utilizó la norma ASTM C192-18.

Con el fin de obtener una variación en el comportamiento del hormigón se realizó diferentes formas de curado en las muestras a estudio:

- Para los especímenes de relación agua-cemento de 0.47, se los colocó en la piscina de curado a  $23 \pm 2$  grados centígrados.
- Para los especímenes restantes se optó por un curado en mojado, es decir cubriéndolos con agua y plástico durante 14 días.

Cumplido el tiempo de curado se hace las respectivas pruebas de compresión a los cilindros obtenidos de las mezclas, así como los núcleos extraídos de 94mm y 50 mm de diámetro para la obtención de resultados con respecto a las resistencias a compresión.

### **2.2 Normas**

#### **2.2.1 Norma ASTM C 42-18 Standard Test Method for Obtaining and Testing**

##### **Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete**

La norma ASTM C42-18 cubre los procedimientos para la obtención, preparación y prueba en núcleos de hormigón, sea a compresión o a tensión. Sin embargo, la norma no es aplicable a núcleos que hayan sido realizados con “hormigón lanzado”. Esta norma generalmente se utiliza cuando existe duda de la calidad y



resistencia que tienen los hormigones o que muestren señales de peligro independientemente del tipo de estructura y de la edad de la misma.

### **2.2.2 Condiciones de la norma**

La extracción de núcleos de hormigón considera algunos factores antes de sus pruebas de compresión o tensión, empezando por obtener información o una historia de los especímenes a ensayar siendo esto: su edad, tipo de curado, resistencias, condiciones de temperatura, consolidación, tipo de elemento estructural y la mayoría de datos posibles.

Otro factor que la norma indica es la orientación de extracción de los testigos a ensayar, sea esta horizontal o vertical ya que influye en los resultados a obtener, así como también en las pruebas a realizarse en dichos especímenes que pueden verse influenciados si están sometidos bajo condiciones de humedad, todas estas en laboratorio o campo.

Adicionalmente, debido a las condiciones de los elementos a ensayar, la extracción los testigos puede ser difícil, por lo que la norma sugiere que en lo posible dichos especímenes no contengan algún tipo de refuerzo como metal, ya que estos no son aplicables en el proceso de compresión. La única excepción que hace la norma es la extracción de núcleos que puedan contener fibras o elementos similares dentro de la mezcla. Además, los especímenes a estudiar deben tener dimensiones tanto de longitud como de diámetro mínimas, las mismas que deben ser extraídas en lo posible sin daños, de existir se sugiere sean reportadas.

La norma indica además que la compresión de los especímenes que se obtenga de pavimentos, losas, paredes o cualquier otro tipo de elemento estructural debe tener un diámetro de 94mm o 2 veces el tamaño nominal máximo del agregado grueso. Sin embargo, como se indicó anteriormente, a veces la extracción de núcleos puede ser

difícil, por lo que la norma no impide que se obtengan núcleos mas pequeños, pero que en lo posible no sean menores a 50 mm de diámetro.

Además, los especímenes se ven afectados por la relación de longitud-diámetro que estas pueden tener, factor que debe ser tomado en cuenta en los resultados del ensayo y relacionadas con su respectivo factor según esta relación para la Tabla No . 1:

<b>Relación (L/D)</b>	<b>Factor de corrección</b>
<b>Longitud/diámetro</b>	<b>de esfuerzo</b>
1,75	0,98
1.50	0,96
1,25	0,93
1	0,87

*Tabla 1: Relaciones de longitud diámetro de núcleos de hormigón en función a su factor (Fuente ASTM C 42-18)*

Los resultados de los especímenes tienen relación con los resultados de los cilindros que se deben extraer o realizar en obra. El ensayo de los especímenes a compresión se lo realiza en función de las indicaciones de la norma ASTM C39-18. Además, la norma sugiere el ensayo de al menos 3 especímenes y que sobrepasen los 14 días de edad, antes de este tiempo no se debe realizar ningún tipo de extracción.

### **2.2.3 Relación del problema con la norma ASTM C 42**

Una vez mostrados los requerimiento y condiciones de la norma ASTM-C42 en la sección anterior, y basado en los objetivos de este proyecto, se busca determinar si existe una diferencia notable en los resultados de resistencia a compresión del hormigón

cuando se ha extraído núcleos que varían en el tamaño de diámetro, a fin de verificar, aceptar o rechazar dicho resultado.

#### 2.2.4 ASTM C 136-14 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

Dicha norma permite la determinación de la distribución granulométrica de los agregados tanto fino como grueso en función de uso de tamices. Para ello la norma proporciona los valores de en kilogramos que se deben usar para cada tamiz y con ello obtener la curva granulométrica.

- Para agregado fino utilizar muestras mínimas de 300 gramos.
- Para agregado grueso:

<b>Tamaño máximo nominal</b>	<b>Tamaño de la muestra</b>
<b>Apertura (mm)(in)</b>	<b>mínima en kg (lb)</b>
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5(1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5(1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)

**Tabla 2:** Cantidad en kg de muestras mínimas de agregado a tamizar (Fuente ASTM C 136-14)

### 2.2.5 ASTM C192-18: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory.

La norma proporciona todas las indicaciones para la elaboración de especímenes de hormigón en laboratorio, empezando por su realización, así como etapa de curado. Además, con esta norma y enfocado en el tema de estudio se proporciona información como: correlación de resistencias, provisión de especímenes para estudio, evaluación de mezclas y materiales.

Como parte de los indicativos de la norma, se encuentra la conformación de cilindros de hormigón en función del tamaño que estos tengan, así como el proceso de colocación del hormigón, para ello se presenta la siguiente tabla, en donde según el tipo o tamaño de cilindro a fabricar se deben consolidar el hormigón y el número de capas:

Tipo de espécimen	Método de consolidación	Número de capas
<b>Moldes cilíndricos</b>		
75 a 100 mm	Varillado	2
150 mm	Varillado	3
225 mm	Varillado	4
Mayor a 225 mm	vibrado	2

**Tabla 3:** Especificaciones para cilindros de hormigón (Fuente ASTM C 192-14)

Adicional se presenta una tabla en donde consta el número de varillados o vibrados según el tipo de cilindro y método de consolidación a realizar:

Tipo de espécimen	Tipo de varilla	Número de varillado por capas
<b>Moldes cilíndricos</b>		
75 a menor a 150 mm	10± 2	25
150 mm	16±2	25
200 mm	16±2	50
250	16±2	75

**Tabla 4:** Especificaciones de varillado para cilindros de hormigón (Fuente ASTM C 192-14)

### 2.2.6 ASTM C143-15: Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete (Prueba de revenimiento para concreto hidráulico).

Esta norma da todos los procedimientos para la determinación de revenimiento o asentamiento del hormigón sea en campo o en laboratorio.

<b>Descripción de trabajabilidad y magnitud del revenimiento</b>	
Descripción de la Trabajabilidad	Revenimiento en mm
Sin revenimiento	0
Muy baja	0-20
Baja	25-50
Media	50-100
Alta	100-170
Muy Alta	> 170

**Tabla 5:** Especificaciones de trabajabilidad y revenimiento

<b>Consistencia</b>	<b>Revenimiento [cm]</b>
Seca	0-2
Plástica	3-5
Blanda	6-9
Fluida	10-15
Líquida	>15

**Tabla 6:** Características del revenimiento (Fuente ASTM C 143-15)

### **2.2.7 ASTM C 231-17: Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method (Prueba de contenido de aire bajo presión en hormigón fresco)**

Esta norma ayuda con las indicaciones para la determinación de contenido de aire bajo presión en hormigón fresco.

### **2.2.8 ASTM C39-18: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens.**

La norma ASTM C39-18 muestra los procedimientos para la compresión de cilindros y núcleos de hormigón siempre y cuando no supere el hormigón una densidad de 800kg/m<sup>3</sup>. Las condiciones de esta norma básicamente radican en que no exista una diferencia del 2% entre los diámetros de los especímenes a ensayar, la velocidad de compresión que debe ser de 0,25±0,02 MPa, y que al menos se ensayen 3 especímenes.

A continuación se presenta las especificaciones de los diámetros para los cilindros de hormigón a compresión.

<b>Diámetro nominal del espécimen mm[in]</b>	<b>Diámetro máximo de la cara de apoyo mm [in]</b>
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

**Tabla 7:** Especificaciones para cilindros de hormigón a compresión ( Fuente ASTM C 39-18)

### 2.3 Materiales

- **Agregado**

Para la realización de la mezcla, se utilizó agregado fino y agregado grueso, proveniente de la cantera de Pifo.

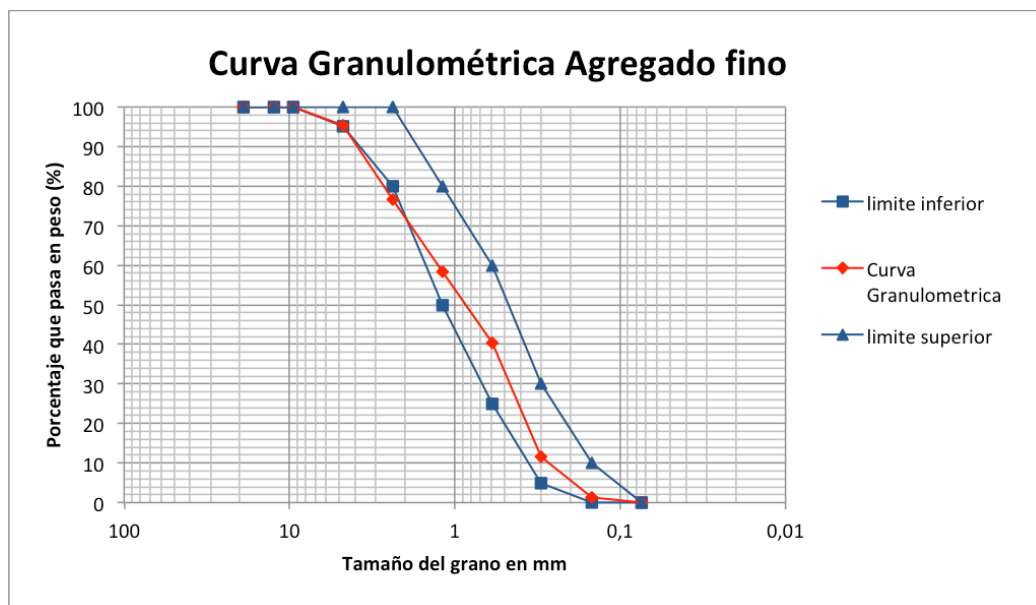
Se inició con la caracterización de los agregados, mediante la obtención de la curva granulométrica tanto para el agregado fino como agregado grueso. Para ello se tomaron 3 muestras de 5000 gramos de cada tipo de agregado, en función de lo sugerido por la norma ASTM C136-14 y siguiendo las indicaciones de la misma, se obtuvo los siguientes resultados granulométricos en función de los tamices usados:

- Granulometría para agregado fino, norma usada ASTM C136-14

<b>Granulometría con</b>					
<b>5000 g</b>					
<b>Tamices</b>	<b>Apertura</b>	<b>Peso</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%Pasa</b>
<b>(ASTM)</b>	<b>(mm)</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	

		(gr)	Parcial	Acumulado	
<b>3/4"</b>	19	0	0,00	0,00	100,00
<b>1/2"</b>	12,5	0	0,00	0,00	100,00
<b>3/8"</b>	9,5	3,5	0,07	0,07	99,93
<b>#4</b>	4,76	227,5	4,57	4,64	95,36
<b>#8</b>	2,38	931,5	18,73	23,37	76,63
<b>#16</b>	1,19	911,5	18,32	41,69	58,31
<b>#30</b>	0,59	894	17,97	59,66	40,34
<b>#50</b>	0,3	1431,5	28,78	88,44	11,56
<b>#100</b>	0,149	508	10,21	98,65	1,35
<b>#200</b>	0,074	67	1,35	100,00	0,00
	$\Sigma$	4974,5			

**Tabla 8:** Granulometría para agregado fino de la cantera de Pifo



**Figura 1:** Curva granulométrica para agregado fino

Una vez realizada la granulometría para el agregado fino, y en función de la curva granulométrica de la Figura no. 1, se puede evidenciar que dicha curva esta dentro

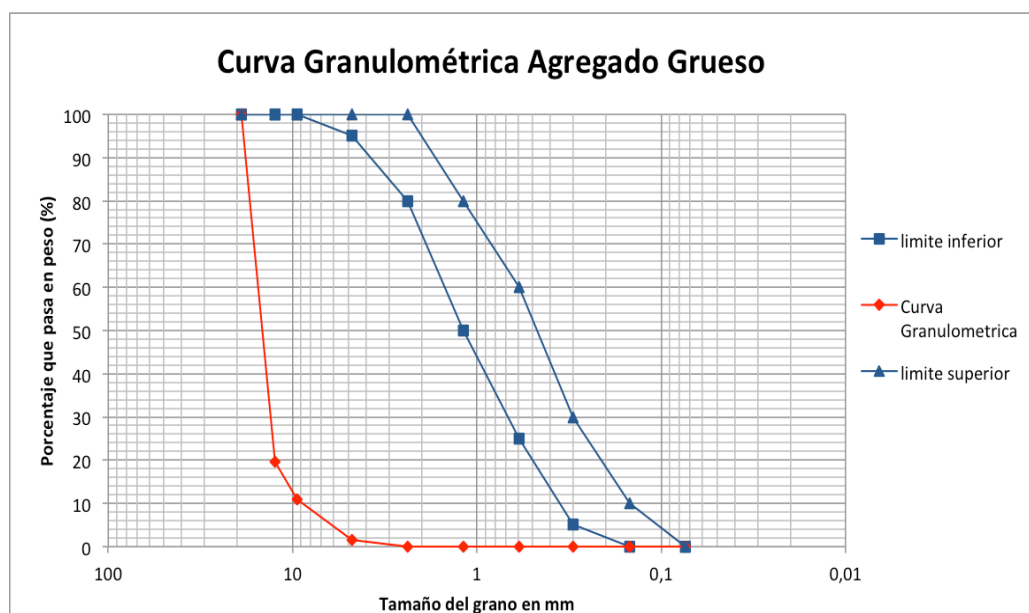


de los parámetros tanto superior o inferior, por lo que el agregado no es demasiado fino, o demasiado grueso, y se considera que es apto para la elaboración de la mezcla.

Granulometría para agregado grueso; norma usada ASTM C136-14

<b>Granulometría con</b>					
<b>5000 g</b>					
<b>Tamices</b>	<b>Apertura</b>	<b>Peso</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%Pasa</b>
<b>(ASTM)</b>	<b>(mm)</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	
		<b>(gr)</b>	<b>Parcial</b>	<b>Acumulado</b>	
<b>3/4"</b>	19	0	0,00	0,00	100,00
<b>1/2"</b>	12,5	3987,5	80,32	80,32	19,68
<b>3/8"</b>	9,5	430,5	8,67	88,99	11,01
<b>#4</b>	4,76	474	9,55	98,54	1,46
<b>#8</b>	2,38	69	1,39	99,93	0,07
<b>#16</b>	1,19	0	0,00	99,93	0,07
<b>#30</b>	0,59	1,5	0,03	99,96	0,04
<b>#50</b>	0,3	0	0,00	99,96	0,04
<b>#100</b>	0,149	0,5	0,01	99,97	0,03
<b>#200</b>	0,074	1,5	0,03	100,00	0,00
	<b>Σ</b>	<b>4964,5</b>			

**Tabla 9:** *Granulometría para agregado grueso de la cantera de Pifo*



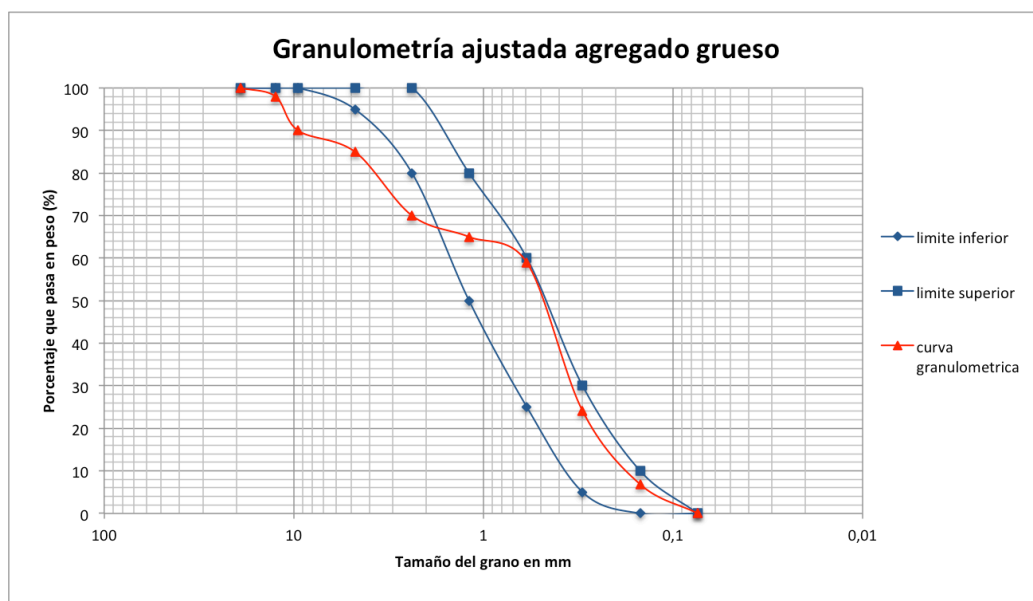
*Figura 2: Curva granulométrica para agregado grueso*

De igual manera, realizada la granulometría para el agregado grueso y con los resultados tanto de la Tabla no.9 y Figura no.2 , se determinó que la curva granulométrica no cumple con los límites establecidos, es decir que el agregado grueso tiene mayor presencia de material grueso, por lo que con este resultado, fue necesario ajustar dicha curva mediante una granulometría inversa teniendo finalmente una nueva curva lo más ajustada posible, con las cantidades exactas de agregado fino y grueso, como se muestra a continuación :

<b>5000,00 gr</b>					
<b>Tamices (ASTM)</b>	<b>Apertura (mm)</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>% Retenido Parcial</b>	<b>% Retenido Acumulado</b>	<b>%Pasa</b>
3/4"	19	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,5	100,00	2,00	2,00	98,00
3/8"	9,5	400,00	8,00	10,00	90,00

#4	4,76	250,00	5,00	15,00	85,00
#8	2,38	750,00	15,00	30,00	70,00
#16	1,19	250,00	5,00	35,00	65,00
#30	0,59	302,00	6,04	41,04	58,96
#50	0,3	1743,00	34,86	75,90	24,10
#100	0,149	863,00	17,26	93,16	6,84
#200	0,074	342,00	6,84	100,00	0,00
	$\Sigma$	5000,00			

**Tabla 10:** Granulometría ajustada de agregado grueso



**Figura 3:** Curva granulométrica para agregado grueso ajustada

De esta manera, determinadas las curvas granulométricas con sus respectivos porcentajes para los dos tipos de agregados, se obtiene los valores a usar en la dosificación.

- **Cemento**

En este proyecto, el cemento utilizado fue el cemento Portland Puzolánico Tipo Ip, *Selva Alegre*, cemento comúnmente utilizado en obras ecuatorianas y mismo que debido

a sus características técnicas, en este proyecto se obtiene:

- Ganancia de resistencia a compresión a todas las edades.
- Crecimiento progresivo de resistencia luego de los 28 días.
- Desprendimiento de menos calor de hidratación del cemento en grandes cantidades de mezclas.
- Manejo óptimo en grandes cantidades de hormigón.

- **Máquina Concretera**

Debido a que en este proyecto se manejan grandes cantidades de hormigón, la máquina concretera utilizada es de 175kg, marca “ImerGroup”.

- **Encofrados**

Para este proyecto se realizaron encofrados en forma de bloque (rectangular) de medidas 40 cm x40 cm x20 cm.

## **2.4 Diseño de la Mezcla**

Para el alcanzar el objetivo planteado, se desarrollaron 3 tipos de mezclas de hormigón diferentes, cada una con variantes en su relación agua-cemento, con lo que así se obtuvo distintas resistencias.

Realizado el análisis granulométrico, el valor obtenido para agregado es de 40 a 45 kilo gramos aproximadamente en agregado fino, 75 a 80 kilo gramos de agregado grueso, 1 saco de cemento de 50 kg “Selva alegre”; y de 23 a 25 kilo gramos de agua aproximadamente. Además, se maneja porcentajes de aumento o disminución de agua según el tipo de mezcla, siendo este del 8%, así también un porcentaje de pérdida del 20 % del total en cada mezcla.

Cabe indicar que dentro de este porcentaje se tomaron las cantidades necesarias de

hormigón para realizar las pruebas de asentamiento y presión de aire en el hormigón.

En las siguientes tablas se resumen las cantidades utilizadas en cada dosificación.

- **Dosificación No. 1**

Relación agua-cemento 0,40

<b>Resultados de material para dosificación no. 1</b>		
Agua/Cemento (W/C)	0,40	
Cementante inicial	53198,20	g
Arena Fina	44686,49	g
Arena Gruesa	82989,19	g
Cemento	53198,20	g
Agua	23832,79	g
Volumen de la mezcla	88954,15	cc

<b>Distribución de la dosificación</b>		
Volumen de la mezcla	88954,15	cc
Número de cilindros	6	U
Volumen de cilindros	9424,78	cc
Número de cajas	2	U
Volumen de cajas	64000	cc
Porcentaje adicional de agua	8%	g
Porcentaje de pérdida	20	%

**Tabla 11:** Resultados de material y volumen para dosificación No. 1

- **Dosificación No. 2**

Relación agua-cemento 0,45

<b>Resultados de material para dosificación no. 2</b>		
Agua/Cemento (W/C)	0,45	
Cementante inicial	51163,32	g
Arena Fina	42977,19	g
Arena Gruesa	79814,78	g
Cemento	51163,32	g
Agua	25479,33	g
Volumen de la mezcla	88109,73	cc

<b>Distribución de la dosificación</b>		
Volumen de la mezcla	88109,73	cc
Número de cilindros	6	U
Volumen de cilindros	9424,78	cc
Número de cajas	2	U
Volumen de cajas	64000	cc
Porcentaje adicional de	8%	
agua	1910,95	g
Porcentaje de pérdida	20	%

**Tabla 12:** Resultados de material y volumen para dosificación No. 2

- **Dosificación No. 3**

Relación agua-cemento 0,47

<b>Resultados de material para dosificación no. 2</b>		
Agua/Cemento (W/C)	0,47	
Cementante inicial	50575,95	g
Arena Fina	42483,80	g
Arena Gruesa	78898,48	g
Cemento	50575,95	g
Agua	26198,34	g
Volumen de la mezcla	88109,73	cc
<b>Distribución de la dosificación</b>		
Volumen de la mezcla	88109,73	cc
Número de cilindros	6	U
Volumen de cilindros	9424,78	cc
Número de cajas	2	U
Volumen de cajas	64000	cc
Porcentaje adicional de agua	8%	
	1964,88	g
Porcentaje de pérdida	20	%

**Tabla 13:** Resultados de material y volumen para dosificación No. 3

#### 2.4.1 Proceso de elaboración de mezcla, bloques y cilindros

Obtenidas las 3 dosificación, y siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C192-18, para la mezcla y elaboración de especímenes en laboratorio, se realizaron 6 bloques, dos por cada tipo de relación agua-cemento, y cada bloque con 6 cilindros adicionales sometidos a las pruebas de compresión.

Es importante indicar que, en el proceso de colocación del hormigón en cada bloque o

encofrado, se lo colocó en 3 capas, y en cada capa se vibró mediante un varillado constante y golpeando de 12 a 15 veces el bloque al final de la colocación de capa.

En el proceso de curado, como se indicó anteriormente se realizaron dos tipos de curados, para las dosificaciones 1 y 2, se los cubrió con agua, franelas y plástico por 14 días, mientras que para los bloques de la dosificación 3 se los colocó en la piscina de curado con la ayuda de una grúa.

Pasado al menos los 28 días, se realizó la extracción de los núcleos de diferente tamaño y en cada dosificación para la obtención de resultados.



### 3. DISCUSIONES Y RESULTADOS

Las extracciones de núcleos se realizaron en dosificación diseñadas a base de relaciones agua/cemento y pasado los 28 días de curado, y no con una resistencia en específico debido a la incertidumbre final en el resultado de resistencia a compresión.

En el proceso de mezclado, se observó que cada mezcla se comporta diferente, por lo que dependiendo de su trabajabilidad en determinadas mezclas hubo la necesidad de aumentar un porcentaje de agua. Este procedimiento es capaz de modificar los resultados de las dosificaciones inicialmente propuestas, y con ello los resultados de las diferentes resistencias a obtener.

Una vez realizadas las mezclas en cada dosificación se obtuvieron los siguientes resultados para las pruebas de revenimiento, contenido de aire y el porcentaje adicional de agua.

#### 3.1 Resultados de asentamiento, contenido de aire en cada dosificación

<b>Dosificación No. 1, relación agua-cemento 0,40</b>		
<b>Asentamiento</b>	14,5	cm
<b>Contenido de aire</b>	2,5	%
<b>Porcentaje adicional de agua</b>	8%	<b>Se agregó agua</b>
	1787,45 g	<b>SI</b> NO
<b>Valor agregado de agua</b>	1787,45	g

*Tabla 14: Resultados y características de la dosificación No. 1*

El resultado de la mezcla para la dosificación no. 1 obtenido fue de una mezcla totalmente seca, esto debido a la baja relación agua-cemento, así como la no utilización de aditivos que mejoren a la misma. En esta mezcla al agregar un porcentaje de agua

adicional, se obtuvo un hormigón más trabajable, de fácil colocación del hormigón tanto en encofrados como cilindros, y siendo finalmente una mezcla fluida en comparación a lo esperado y con un revenimiento final de 14,5 cm. Para determinar que tipo de mezcla se tiene en función del revenimiento, se compara el valor de revenimiento obtenido con los de la Tabla no.6, por lo cual así se determina que la mezcla realizada es fluida.

La prueba de contenido de aire realizada a la mezcla, presenta un 2,5% de contenido de aire, lo que indica que no existe cantidad de aire en medio de la mezcla, aspecto que se relaciona mucho con la trabajabilidad de la mezcla, haciéndola poca esponjosa.

<b>Dosificación No. 2, relación agua-cemento 0,45</b>		
<b>Asentamiento</b>	5,5	cm
<b>Contenido de aire</b>	2,9	%
<b>Porcentaje adicional de agua</b>	8%	<b>Se agrego agua</b>
	1910,95 g	SI <b>NO</b>
<b>Valor agregado de agua</b>	NA	-

**Tabla 15:** Resultados y características de la dosificación No. 2

En la dosificación no.2, teniendo en cuenta que en esta mezcla no se aumento agua, el revenimiento obtenido fue de 5.5, cm, lo que la caracteriza como una mezcla plástica y trabajable. Este resultado se relaciona con el porcentaje de aire atrapado en la misma que es de 2.9%, lo que la hace mas esponjosa y por ende con una trabajabilidad baja.

<b>Dosificación No. 3, relación agua-cemento 0,47</b>		
<b>Asentamiento</b>	22	cm
<b>Contenido de aire</b>	2,1	%
<b>Porcentaje adicional de agua</b>	8%	<b>Se agregó agua</b>
	1964,88 g	SI <b>NO</b>
<b>Valor agregado de agua</b>	NA	-

**Tabla 16:** Resultados y características de la dosificación No. 3

Los resultados de la dosificación no. 3, dieron una mezcla muy trabajable y muy fluida, pero sin que llegue a límites de segregación, de la misma manera esto lo relacionamos con el resultado del revenimiento obtenido que es de 22 cm, frente a los resultados de la Tabla No.6, además la consistencia de esta mezcla al ser muy líquida se relaciona con el contenido de aire de la misma, que no es para nada esponjosa y siendo de 2.1%.

El resultado de las 3 mezclas, muestran que la dosificación no. 3 debido a la relación agua cemento que es alta, dio un hormigón totalmente trabajable y con un bajo contenido de aire, si se lo compara con las dosificaciones 1 y 2, que tienen relaciones agua-cemento muy bajas.

### **3.2 Resultados de resistencia por compresión de cilindros de cada dosificación**

Realizada la compresión de cilindros de las tres dosificaciones, los resultados promedios de resistencia iniciales obtenidos son los siguientes:

<b>Compresión de cilindros dosificación no. 1 (w/c=0,40)</b>		
<b>Cilindros</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>	<b>Cilindros ensayados</b>
1	33,029	6
2	27,48	<b>Resistencia total</b>
3	41,963	<b>35,25 MPa</b>
4	38,763	
5	37,328	
6	31,882	

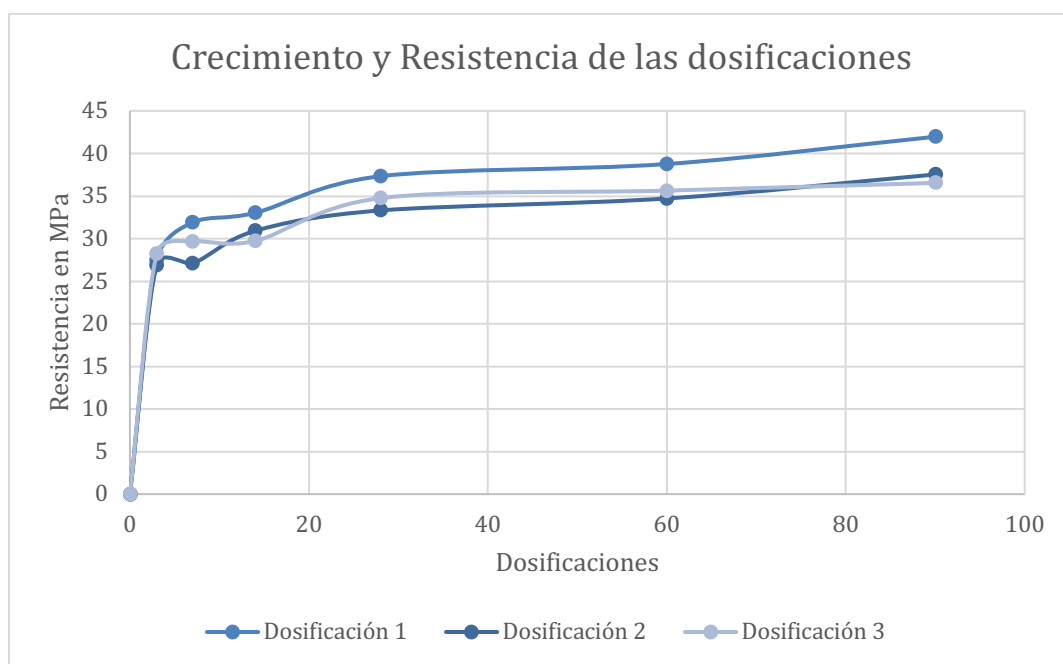
*Tabla 17: Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 1*

<b>Compresión de cilindros dosificación no. 2 (w/c=0,45)</b>		
<b>Cilindros</b>	<b>Resistencia (MPa)</b>	<b>Cilindros ensayados</b>
1	29,657	6
2	35,639	<b>Resistencia total</b>
3	28,251	<b>32,45 MPa</b>
4	29,733	
5	34,756	
6	36,542	

*Tabla 18: Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 2*

Compresión de cilindros dosificación no. 3 (w/c=0,47)		
Cilindros	Resistencia (MPa)	Cilindros ensayados
1	27,08	6 <b>Resistencia total</b> <b>31,50 MPa</b>
2	33,31	
3	26,91	
4	30,915	
5	34,716	
6	37,532	

**Tabla 19:** Resultados y características de la compresión de cilindros para la dosificación no. 3



**Figura 4:** Crecimiento y Resistencia de dosificaciones

Una vez, obtenido los resultados de las compresiones de cilindros de cada dosificación, y siendo estos los esperados, se procede a la extracción de núcleos, de cada una de las dosificaciones, con el fin de que el resultado en la compresión de dichos especímenes, alcancen resultados similares.

### 3.3 Resultados de la extracción de núcleos

Para la extracción de núcleos, fue necesario determinar cual es la relación entre la longitud y el diámetro de los núcleos extraídos, para en función de ello utilizar el respectivo factor de corrección dado por la norma ASTM C42, misma que indica: “se debe determinar la relación entre longitud y diámetro (L/D) de los núcleos, si esta es menor a 1,75 se debe corregir el resultado obtenido por los siguientes factores de corrección.” (7.9 Cálculos, ASTM C-42). Ver tabla 1 para valores de factores de corrección.

Para el proceso de extracción de núcleos, se tomó primero 3 de los bloques de cada dosificación, siendo estos los primeros núcleos para analizarlos. En estos bloques se procedió a realizar las extracciones con la broca de 94mm o 3 pulgadas de diámetro. Una vez obtenidos los especímenes se procedió a realizar la compresión de núcleos siguiendo la norma.

Obteniendo los siguientes resultados:

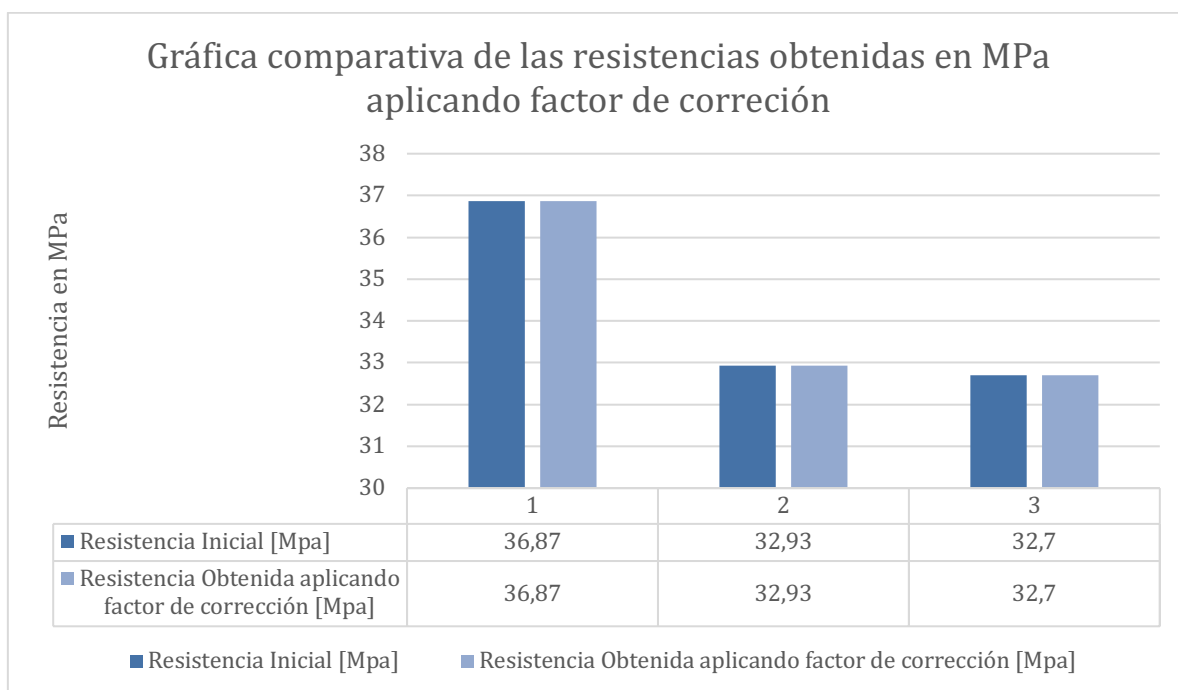
Dosificación	Fecha de extracción	Longitud [cm]				Diámetro [cm]				Resistencia [Mpa]
		l1	l2	l3	l	d1	d2	d3	d	
1-D1	1/3/19	24	23	23	23,33	9,4	9,4	9,5	9,43	36,87
2-D1	1/3/19	24	24	23	23,66	9,4	9,5	9,4	9,43	
1-D2	1/3/19	20	20	19,5	19,83	9,4	9,4	9,4	9,40	32,93
2-D2	1/3/19	20	20,5	21	20,50	9,4	9,5	9,4	9,43	
1-D3	1/3/19	22	21,5	21,5	21,66	9,4	9,4	9,4	9,40	32,7
2-D3	1/3/19	22	22,5	22,5	22,33	9,4	9,5	9,4	9,43	

**Tabla 20:** Resultado de resistencia de las primeras extracciones de núcleos con la broca de 94mm de diámetro.

En este tipo de núcleos se determinó la relación L/D, misma que al ser mayor a 1,75 (sección 7.9, ASTM-C42), la norma indica que no es necesario utilizar un factor de corrección. Sin embargo, el análisis de resultados, se utilizó un factor de corrección igual a 1.

Dosificación	Factor de corrección	Resistencia Inicial [Mpa]	Resistencia Obtenida [Mpa]
1	1	36,87	36,87
2	1	32,93	32,93
3	1	32,7	32,7

**Tabla 21:** Resultado de resistencia de extracciones de núcleos de 94mm de diámetro



**Figura 5:** Gráfica comparativa de las resistencias obtenidas en MPa aplicando factor de corrección.

Con los bloques restantes, de cada dosificación, se realizó la extracción de núcleos más pequeños, en este caso de 2 pulgadas o 50 mm de diámetro. Al ser los núcleos más pequeños, en este caso se utilizó un factor de corrección igual a 1.

Con lo que se obtuvieron los siguientes resultados:

Identificación dosificación	Fecha de extracción	Longitud [mm]	Diametro [mm]	Relacion L/D	Factor de correccion	Resistencia f'c [Mpa]	Promedio [Mpa]
1-D1	19/3/19	90	43,6	2,06	1	38	
2-D1	19/3/19	90	43	2,09	1	47	43,46
3-D1	19/3/19	90	43,8	2,05	1	45,4	
1-D2	19/3/19	90	43,8	2,05	1	45,8	
2-D2	19/3/19	90	43,8	2,05	1	41	43,93
3-D2	19/3/19	90	43,6	2,06	1	45	
1-D3	19/3/19	90	43,8	2,05	1	33,2	
2-D3	19/3/19	90	43,6	2,06	1	42	38,46
3-D3	19/3/19	90	43,8	2,05	1	40,2	

*Tabla 22: Resultado de resistencia de extracciones de 50 mm de diámetro*

- Resultados finales de las resistencias a compresión de los núcleos

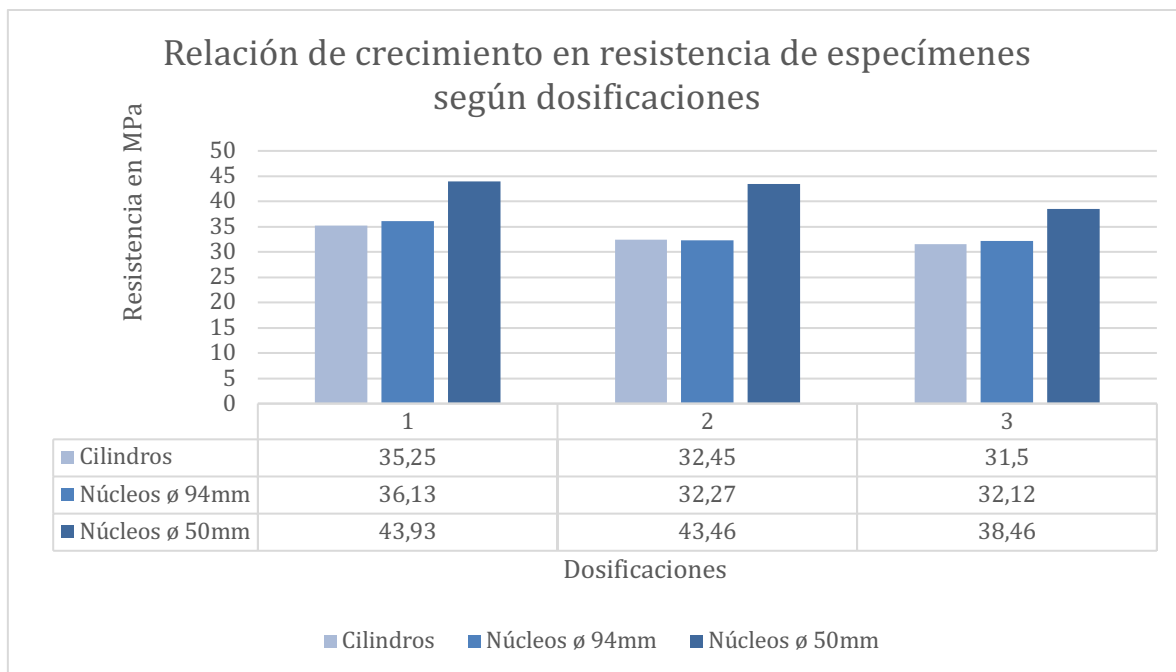
Dosificación	Resistencias a compresión (MPa)		
	Cilindros	Núcleos de 94mm de diámetro	Núcleos de 50 mm de diámetro
D1	35,25	36,87	43,93
D2	32,45	32,93	43,46
D3	31,50	32,7	38,46

*Tabla 23: Resultados finales de resistencias a la compresión*

Dosificación	Diferencia en porcentaje de la Resistencia a compresion entre cilindros y núcleos.		
	Cilindros	Núcleos de 94mm de diámetro	Núcleos de 50 mm de diámetro
D1	35,25	4%	19%
D2	32,45	1%	25%
D3	31,50	3%	18%

*Tabla 24: Diferencia en porcentaje de la resistencia a compresión de cilindros y núcleos.*





**Figura 6:** Gráfica comparativa de resistencias de núcleos y cilindros de las 3 dosificaciones

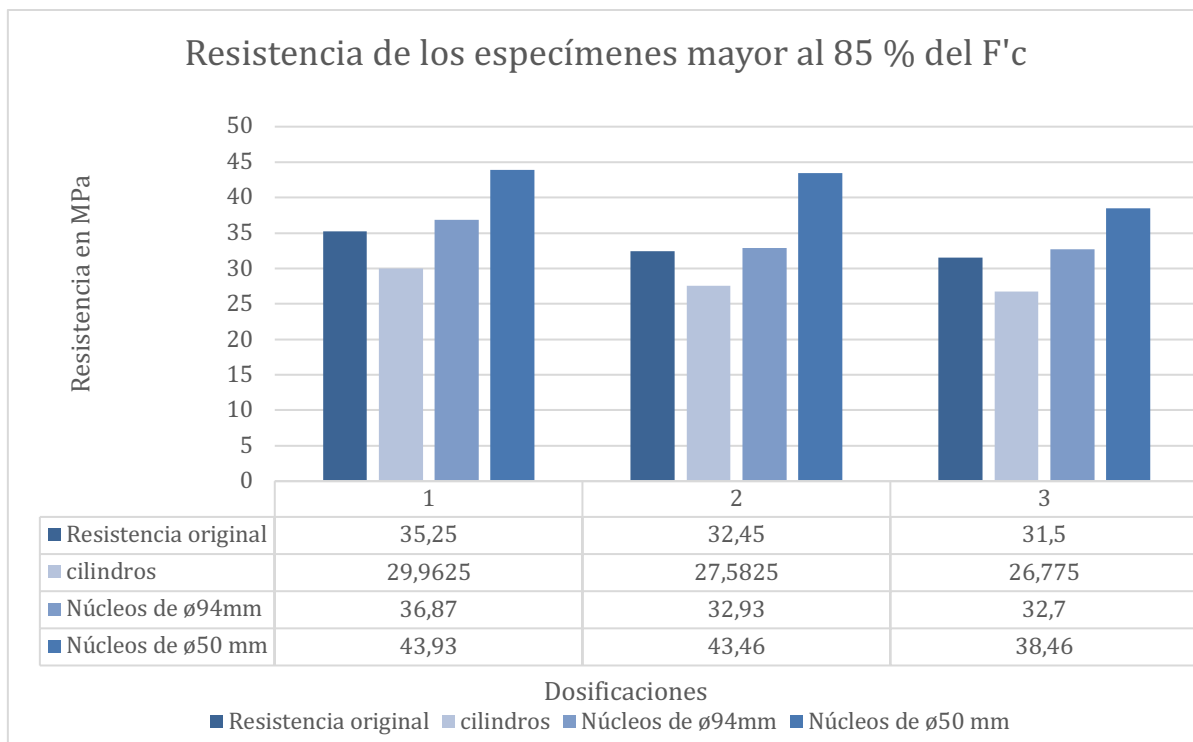
Aplicando el criterio de la NEC-15 para aceptar que los resultados de los núcleos son óptimos estructuralmente.

Dosificación	Resistencia de la dosificación (Mpa)	85% del $f'_c$ de diseño según NEC	Resistencia a compresión de núcleos de 94 mm de diámetro	Aplica	Resistencia a compresión de núcleos de 50 mm de diámetro	Aplica
D1	35,25	29,97	36,87	SI	43,93	SI
D2	32,45	27,59	32,93	SI	43,46	SI
D3	31,5	26,77	32,7	SI	38,46	SI

**Tabla 25:** Comparación de resultados de resistencia frente a Normativa Ecuatoriana (NEC-15)

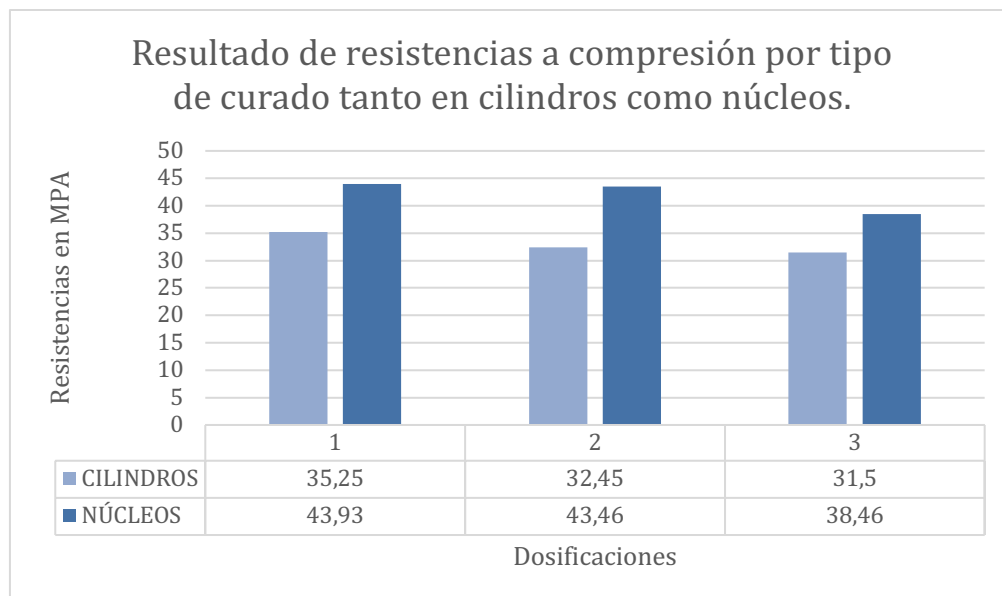
Dosificación	Resistencia de la dosificación (Mpa)	85% del $f'_c$ de diseño según NEC	Aplica	% de diferencia núcleos de 94 mm de diámetro	Aplica	%% de diferencia núcleos de 94 mm de diámetro
D1	35,25	29,97	SI	18%	SI	31%
D2	32,45	27,59	SI	16%	SI	36%
D3	31,5	26,77	SI	18%	SI	30%

**Tabla 26:** Porcentaje de diferencia de núcleos en relación al 85% de la resistencia de diseño.



**Figura 7:** Gráfico comparativo de cilindros y núcleos frente al 85 % de la resistencia inicial de las dosificaciones

Adicionalmente, en estos resultados incide la forma de curado de los bloques, ya que para la dosificación no. 3, que se curó en la piscina de curado, el resultado de resistencia a compresión es más alto que los valores normalmente esperados, esto frente al tipo de relación agua/cemento con el que se realizaron. Este resultado hace que sus valores de resistencia final tanto en cilindros como en núcleos sean igual de altos que las dosificaciones 1 y 2 que tuvieron un curado normal.



**Figura 8 :** *Resultado de resistencias a compresión por tipo de curado de cilindros y núcleos.*

De esta manera se obtiene los resultados de los núcleos a compresión para determinar , comparar y analizar los resultados de sus resistencias frente a las resistencias iniciales de los especímenes.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Conclusiones de los Resultados

Los resultados obtenidos de las resistencias de las 3 dosificaciones cuando se han roto los cilindros por compresión, muestran resultados de resistencias mayores al 30 MPa, teniendo así hormigones de alta resistencia.

En las resistencias a compresión los resultados de los núcleos de 94mm y 50 mm de diámetro, muestran una diferencia de 10 unidades en MPa aproximadamente en los 3 tipos de mezclas.

El resultado de las resistencias a la compresión obtenidos de los núcleos tanto de 94 mm como de 50 mm, son mayores al 85% del  $f'_c$  como indica la NEC-15, por lo tanto, las resistencias estructurales obtenidas son aceptables.

El curado de los bloques de la dosificación 3 en la piscina de curado, hicieron que sus resultados de resistencia sean más altos que los esperados a temperatura normal, es por esto que la resistencia de esta dosificación es igual de alta a pesar de tener una baja relación agua/cemento y tener resultados similares a los de las dosificaciones 1 y 2.

La mayoría de núcleos muestran roturas de tipo I, II, IV (Ver anexo, Figura no 24. para apreciar figura de tipo de roturas).

Los núcleos de diámetros más pequeño al tener menor área presentan mayores esfuerzos frente a núcleos de mayor tamaño y cilindros.

Se evidencia que al comparar el diámetro de los núcleos en función de la resistencias, si existe una diferencia en los resultados obtenidos, pero mientras el resultado a la compresión de dichos núcleos sea por lo menos igual al 85 % del  $f'_c$  cuando son 3 unidades o por lo menos no es menor al 75%  $f'_c$ , el resultado es aceptable, por lo tanto, la resistencia a compresión de los núcleos no depende de la

relación entre diámetros de los núcleos que se extraigan de una misma dosificación para aceptar los resultados.

Finalmente, es mucho más sencillo extraer núcleos en hormigón en masa que en hormigón armado, pues la existencia de metales y otros elementos influirían en los resultados de cualquier tipo de núcleo que se extraiga.

- **Recomendaciones**

Para tener un análisis más profundo de resultados, se recomienda calcular el módulo de elasticidad del hormigón tanto de los cilindros como de los núcleos extraídos, para así determinar si existe alguna afectación adicional en el hormigón o algún resultado variante.

Para tener resultados más exactos, se recomienda que las extracciones de núcleos se realicen con el diámetro de 94mm, ya que con núcleos de diámetros más pequeños las variaciones de resistencia son más grandes.

Es importante, al momento de extraer los núcleos, que estos se extraigan sin ningún tipo de fragmentaciones o daño, de lo contrario los especímenes no son útiles para su estudio.

Se recomienda usar el método de extracción de núcleos en hormigón, cuando se necesite determinar la calidad del hormigón y cuando las pruebas no destructivas no presenten los resultados esperados, pues la obtención de especímenes ya en estructuras de alguna forma perjudica a los elementos.

Se debe tomar en cuenta todas las instrucciones que dan las normas tanto para la realización de hormigón tradicional como la extracción de cilindros, para evitar errores en su realización, así como daños en equipos y a terceros.

Es importante seguir las normas de seguridad de laboratorio para evitar accidentes.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ASTM Standard C 231-17. (2017). *Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method*. ASTM International.
- ASTM Standard C39-18. (2018). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International.
- ASTM Standard C192-18. (2018). *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory*. ASTM International.
- ASTM Standard C 42-18. (2018). *Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete*. ASTM International.
- ASTM Standard C136-14. (2014). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*. ASTM International.
- ASTM Standard C143-15. (2015). *Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete*. ASTM International.
- Camicom. (2015). *Métodos de Ensayos In Situ Utilizados en la Evaluación de Estructuras de Hormigón Armado*. Obtenido de <http://www.camicon.ec/wp-content/uploads/2015/11/ENSAYOS-NO-DESTRUCTIVOS-EN-LA-EVALUACIÓN-DEL-HORMIGÓN.pdf>
- Cotecno.(2019). *¿Qué es la trabajabilidad del hormigón?*. Obtenido de <http://www.cotecno.cl/que-es-la-trabajabilidad-del-hormigon/>
- Haro, F. (Julio, 2014). *Estudio comparativo para determinar la reducción del esfuerzo a compresión simple de los núcleos de hormigón comparados con la resistencia cilindros normalizados de hormigón*. Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ingeniería Civil.
- Hincapie, A. (3 de agosto de 2002). *Resistencia al hormigón. Núcleos vs cilindros*. Revista Universidad EAFIT. Vol. 39. No. 131. 2003. pp. 87-95.

Neville, A. M. (1995). *Properties of Concrete* (4 ed.). Pearson Education.

NRMCA. *Resistencia del Concreto en la Estructura*. Obtenido de <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP10es.pdf>

NEC. (2015). *Guía Práctica para el Diseño de Estructuras de Hormigón Armado De Conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC (2015)*.  
Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI).

## 6. ANEXOS



*Figura 9: Dosificación de materiales*



*Figura 10: Concretera utilizada "ImerGroup"*





*Figura 11 : Mezcla de materiales*



*Figura 12 : Enconfrado y cilindros de las mezclas dosificadas*



*Figura 13: Bloques obtenidos*



*Figura 14 : Bloques obtenidos*



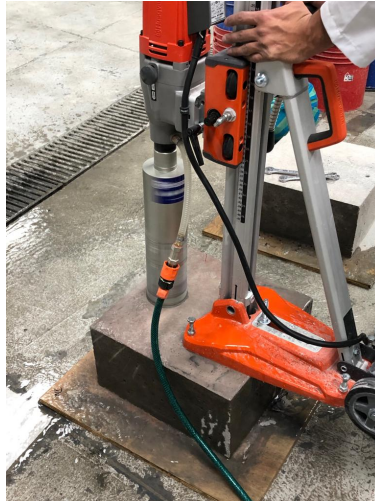
*Figura 15: Bloques para curado en seco y en piscina de curado*



*Figura 16: Bloques para curado en seco y en piscina de curado*



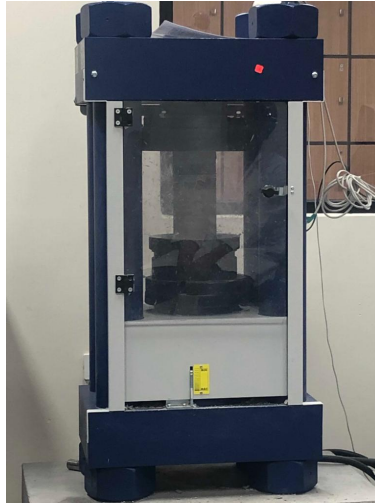
*Figura 17: Proceso de extracción de núcleos*



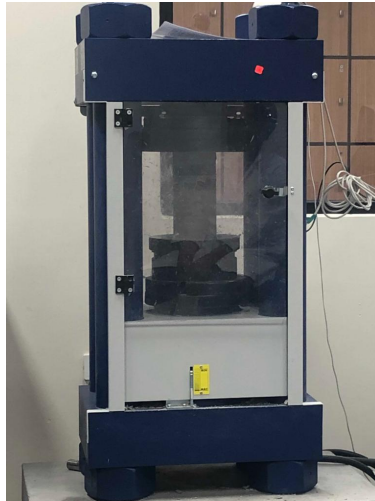
*Figura 18: Proceso de extracción de núcleos de 94 mm de diámetro*



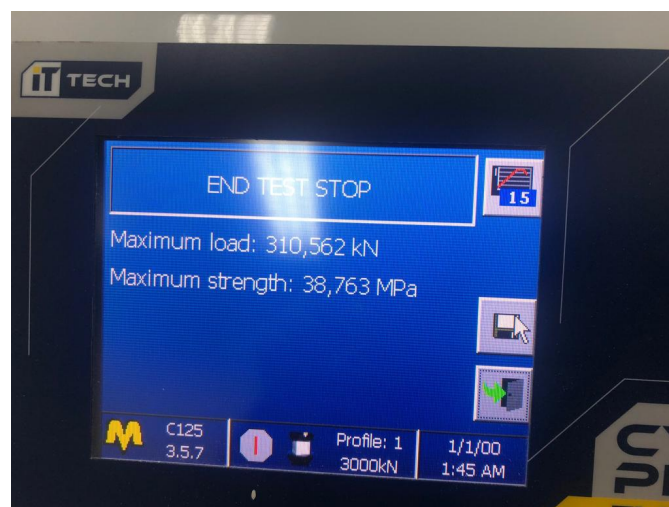
*Figura 19: Cilindros a compresión*



*Figura 20: Cilindros a compresión*



*Figura 21: Núcleos de 94 mm de diámetro a compresión*



*Figura 22: Ejemplo de Resultado de resistencias obtenidas en núcleos*



Figura 23: Ejemplo de Resultado de resistencias obtenidas en cilindros

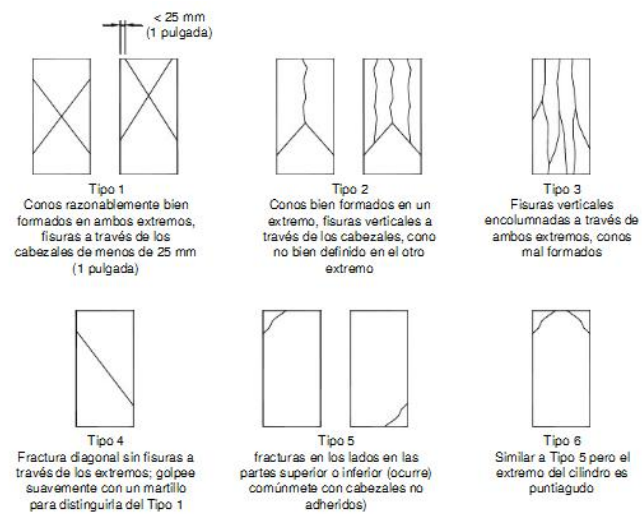


Figura 24: Tipos de roturas en núcleos y cilindros



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 01 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAA

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

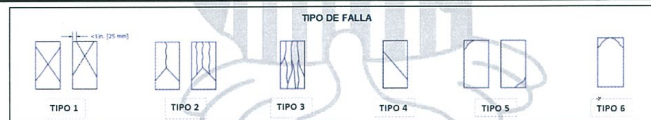
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NUMERO	1	
DESCRIPCIÓN	D1 (1)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,6	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1493	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,06	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	56,6 kN	5,77 t
TIPO DE FALLA	TIPO 1	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2280	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	38,0 MPa	387 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.		



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 02 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

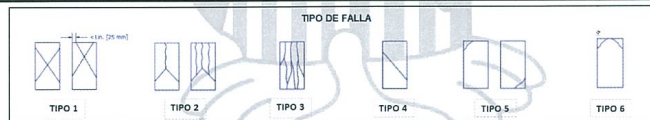
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mpa/s

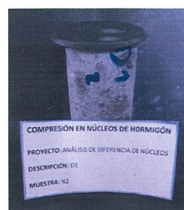
ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NUMERO	2	
DESCRIPCIÓN	D1 (2)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,0	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1452	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,09	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	68,2 kN	6,96 t
TIPO DE FALLA	TIPO 1	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2340	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	47,0 MPa	479 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.		



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 03 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

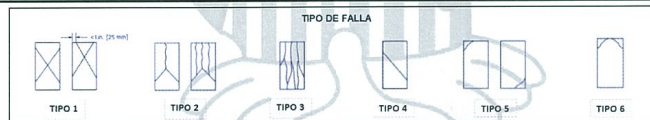
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

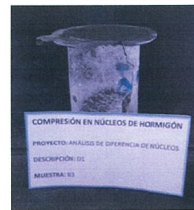
NUMERO	3	
DESCRIPCIÓN	D1 (3)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,8	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1507	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,05	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	68,3 kN	6,96 t
TIPO DE FALLA	TIPO 4	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2280	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	45,4 MPa	462 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.		



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec





ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 04 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

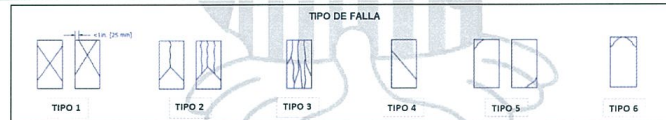
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mp/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NÚMERO	4	
DESCRIPCIÓN	D2 (1)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,8	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1507	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,05	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	69,0 kN	7,04 t
TIPO DE FALLA	TIPO 2	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2280 *	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	45,8 MPa	467 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.		



ANTES DEL ENSAYO

DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 05 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

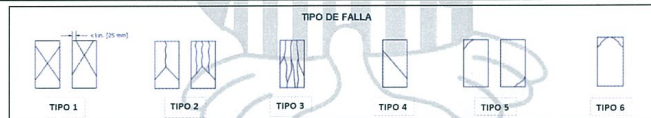
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NÚMERO	5	
DESCRIPCIÓN	D2 (2)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,8	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1507	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,05	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	61,7 kN	6,29 t
TIPO DE FALLA	TIPO 1	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2280	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	41,0 MPa	417 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES:	Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.	



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 06 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

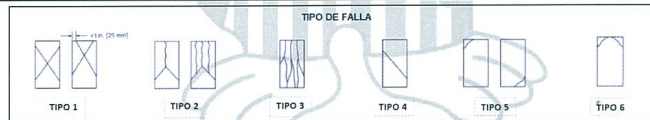
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0,25 +/- 0,05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NÚMERO	6	
DESCRIPCIÓN	D2 (3)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,6	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1493	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,06	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	67,3 kN	6,86 t
TIPO DE FALLA	TIPO 1	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2280	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	45,0 MPa	460 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES:	Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.	



ANTES DEL ENSAYO

DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 07 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

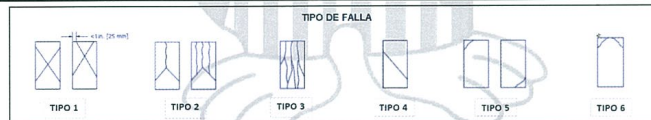
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0.25 +/- 0.05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NÚMERO	7	
DESCRIPCIÓN	D3 (1)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,8	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1507	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,05	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	50,0 kN	5,10 t
TIPO DE FALLA	TIPO 4	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2260	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	33,2 MPa	339 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES:	Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.	



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 08 de 09

Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ

Atención: Aplika Cia. Ltda.

Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa

CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.

PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS

FISCALIZADOR: \*\*\*

NORMA: ASTM C39/C39M-18

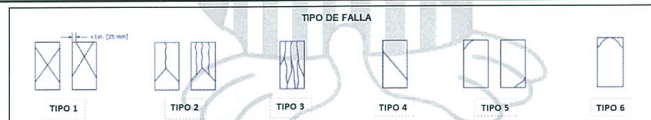
FECHA ENSAYO: 22-mar-19

VELOCIDAD DE ENSAYO: 0.25 +/- 0.05 Mpa/s

ELEMENTO: \*\*\*

TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

NÚMERO	8	
DESCRIPCIÓN	D3 (2)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,6	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1493	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,06	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	62,8 kN	6,40 t
TIPO DE FALLA	TIPO 2	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2260	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	42,0 MPa	429 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES:	Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.	



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec

ONÚCLEO 19-0003



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS



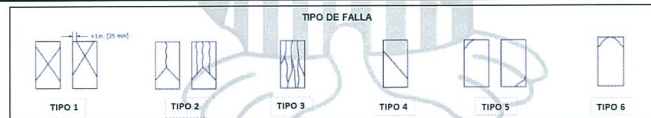
### COMPRESIÓN EN NÚCLEOS DE HORMIGÓN

INF. No. 19- 0231  
Hoja 09 de 09

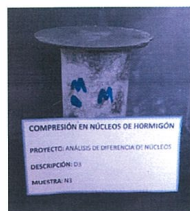
Quito, 26 de marzo de 2019

SOLICITA: ING. KARLA SAÁ  
Atención: Aplika Cia. Ltda.  
Dirección: Núñez De Vela N34-23 Y Av. Atahualpa  
CONTRATISTA: APLIKA CIA. LTDA.  
PROYECTO: ANÁLISIS DE DIFERENCIA DE NÚCLEOS  
FISCALIZADOR: \*\*\*  
NORMA: ASTM C39/C39M-18  
FECHA ENSAYO: 22-mar-19 VELOCIDAD DE ENSAYO: 0.25 +/- 0.05 Mpa/s  
ELEMENTO: \*\*\* TEMPERATURA AMBIENTE: 17 °C

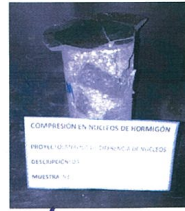
NÚMERO	9	
DESCRIPCIÓN	D3 (3)	
UBICACIÓN	***	
DEFECTOS	NINGUNO	
FECHA DE FUNDICIÓN	***	
FECHA DE EXTRACCIÓN	19/03/2019	
FECHA DE ENSAYO	22/03/2019	
EDAD (días)	>28 días	
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	DESCONOCIDO	
DIÁMETRO (mm)	43,8	
ÁREA TRANSVERSAL (mm <sup>2</sup> )	1507	
LONGITUD INICIAL (mm)	90	
LONGITUD CON CAPPING (mm)	95	
RELACIÓN L/D	2,05	
FACTOR DE CORRECCIÓN	1,00	
DIRECCIÓN DE CARGA RESPECTO A LA EXTRACCIÓN	DESCONOCIDO	
METAL EMBEBIDO	NO	
CARGA MÁXIMA CORREGIDA	60,5 kN	6,17 t
TIPO DE FALLA	TIPO 2	
PESO ESPECÍFICO (kg/m <sup>3</sup> )	2260 *	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	40,2 MPa	410 kg/cm <sup>2</sup>
OBSERVACIONES:	Las muestras fueron extraídas por el cliente, por lo que involucra su total responsabilidad.	



ANTES DEL ENSAYO



DESPUÉS DEL ENSAYO



  
ING. MERCEDES VILLACIS  
JEFE DEL LABORATORIO



Telf.: 2976300  
Ext.: 1609

Dirección: Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía / Edif. Ing. Civil / Mezanine / Ofic. M15 Email: lemsur@epn.edu.ec

ONÚCLEO 19-0003