



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL  
CONCRETO, MEDIANTE EL USO DE DIATOMITA COMO  
SUSTITUTO PARCIAL DE CEMENTO, LIMA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Christiam Miguel Vargas Grandez

Asesor:

Ing. Victor Garcés Díaz

Lima - Perú

2020

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Víctor Garcés, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA CIVIL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis del estudiante:

- Vargas Grandez Christiam Miguel

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: “MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO, MEDIANTE EL USO DE DIATOMITA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE CEMENTO, LIMA, 2019” para aspirar al título profesional de: Ingeniero Civil por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al o a los interesados para su presentación.

---

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos

Asesor

## ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*, para aspirar al título profesional con la tesis denominada: *Haga clic o pulse aquí para escribir texto*.

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

**Aprobación por unanimidad**

**Aprobación por mayoría**

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

Presidente

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

---

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos

Jurado

## **DEDICATORIA**

Para mis padres, los grandes impulsores del desarrollo de esta tesis. Son los pilares de mi vida profesional que me animan a superarme cada vez con más ahincó.

Para mis hermanos, por su apoyo incondicional.

Para mi asesor de tesis Ing. Víctor Garcés a quien agradezco haberme brindado la oportunidad de realizar esta investigación y su guía durante todo el proceso.

A la empresa SIKA por el apoyo brindado para realizar los ensayos en el concreto y poder de esta manera culminar satisfactoriamente todos los ensayos necesarios.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser lo más grande en mi vida y  
por ser mi fortaleza en cada momento.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional,  
por su esfuerzo, sus consejos y entrega.

Al Ingeniero ing. Víctor Garcés por compartir su conocimiento.

A la Universidad Privada del Norte – Facultad de Ingeniería Civil,  
por mi formación académica.

Y a todas las personas que, de alguna manera, han colaborado en  
esta investigación y en mi formación profesional.

Muchas gracias

## TABLA DE CONTENIDO

<b>ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS .....</b>	<b>2</b>
<b>ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
1.1. Realidad problemática.....	14
1.1.1. Antecedentes .....	14
1.1.1.1. Antecedentes internacionales .....	14
1.1.1.2. Antecedentes nacionales .....	15
1.2. Formulación del problema.....	21
1.2.1. Problemas específicos.....	21
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo General .....	21
1.3.2. Objetivos específicos .....	21
1.4. Hipótesis .....	22
1.4.1. Hipótesis General .....	22
1.4.2. Hipótesis específicas.....	22
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>23</b>
2.1. Tipo de investigación .....	23
2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos).....	24
2.2.1. Unidad de estudio .....	24
2.2.2. Población.....	24

2.2.3. Muestra .....	24
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos .....	25
2.3.1. Instrumentos para la recolección de datos .....	25
2.3.2. Técnicas y procedimientos para analizar los datos .....	26
2.4. Procedimiento .....	27
2.4.1. Diseño de mezclas por el método del Comité ACI 211.....	27
2.4.2. Principales propiedades del concreto .....	32
2.4.3. Propiedades del concreto en estado fresco.....	33
2.4.4. Propiedades del concreto en estado endurecido.....	36
2.4.5. La durabilidad y su relación con la permeabilidad del concreto.....	40
2.4.6. Instrumento para el análisis de datos.....	43
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
3.1. Caracterización de los materiales.....	44
3.1.1. Caracterización del agregado fino .....	44
3.2. Diseño de mezcla .....	52
3.2.1. Resumen de análisis de los agregados .....	52
3.2.2. Desarrollo del diseño .....	53
3.3. Resistencia a la compresión axial – según NTP-339.034 .....	59
3.4. Permeabilidad según UNE 12390-8.....	63
3.5. Peso Unitario según NTP 339.046.....	65
3.6. Validación de Hipótesis.....	66
3.6.1. Prueba de hipótesis .....	67
3.6.1.1. Se verifica la hipótesis .....	67
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
4.1. Discusión .....	69
4.2. Conclusiones .....	70
4.3. Recomendaciones.....	71

<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>72</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
Anexo N°01. Matriz de consistencia.....	77
Anexo N°02. Ficha técnica de la diatomita. (1/2).....	78
Anexo N°02. Ficha técnica de la diatomita (2/2).....	79
Anexo N°03. Ensayo de caracterización de materiales para el diseño de Mezcla.....	80
Anexo N°04. Ensayos de rotura de probetas .....	89
Anexo N°05. Ensayo de permeabilidad en probetas de concreto .....	96
Anexo N°06. Constancia de elaboración de ensayo de permeabilidad del concreto realizado en los laboratorios de la empresa SIKA. ....	103
Anexo N°07. Certificado de calibración de equipos – Universidad Priva del Norte.	104
Anexo N°08. Panel fotográfico.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Huella de carbono del cemento .....	17
Tabla 2 Distribución de muestras para ensayos de laboratorio .....	25
Tabla 3. Muestreo para recolección de datos en los ensayos de Resistencia a la compresión.	26
Tabla 4. Muestreo para recolección de datos en los ensayos de Permeabilidad del Concreto.	27
Tabla 5. Criterios de diseño para la resistencia de diseño.....	27
Tabla 6. Volumen unitario de agua (L/m <sup>3</sup> ) .....	28
Tabla 7. Contenido de aire atrapado. ....	29
Tabla 8. Relación agua cemento. ....	29
Tabla 9. Coeficiente volumétrico del agregado grueso.....	30
Tabla 10. Propiedades fundamentales del concreto según estado. ....	32
Tabla 11. Principales características de evaluación del concreto. ....	32
Tabla 12. Propiedades a evaluar en el concreto, según su estado.....	33
Tabla 13. Consistencia y asentamiento del concreto. ....	33
Tabla 14. Resistencia a la compresión, tolerancia para realización de ensayo. ....	37
Tabla 15. Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración. ....	38
Tabla 16. Agregado fino, parámetros para el diseño de mezcla.....	52
Tabla 17. Agregado grueso, parámetros para el diseño de mezcla.....	52
Tabla 18. Cemento Portland, parámetros para el diseño de mezcla. ....	53
Tabla 19. Diatomita, parámetros para el diseño de mezcla.....	53
Tabla 20. Agua, parámetros para el diseño de mezcla. ....	53
Tabla 21. Volúmenes absolutos.....	55
Tabla 22. Volumen absoluto del agregado fino.....	56
Tabla 23. Volumen absoluto del agregado fino.....	56
Tabla 24. Corrección del peso de agregados por contenido de humedad. ....	57
Tabla 25. Aporte de agua a la mezcla. ....	57
Tabla 26. Corrección por contenido de humedad en agregados. ....	57
Tabla 27. Corrección por contenido de humedad en agregados.....	58
Tabla 28. Dosificación de los diseños de concreto con adiciones de diatomita. ....	58
Tabla 29. Desarrollo de la resistencia a la compresión de las muestras con diseño de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> . ....	62

Tabla 30. Desarrollo porcentual de la resistencia a la compresión de las muestras con diseño de concreto $f'c$ 210 kg/cm <sup>2</sup> . .....	62
Tabla 31. Variación de costos con respecto al uso de diatomita. ....	66
Tabla 32 Análisis de los resultados de la resistencia a la compresión con adición de diatomita .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Emisión de dióxido de carbono a nivel nacional. MINAM (2016). Reimpreso con permiso.	17
Figura 2 Distribución de la producción mundial de diatomitas por países. INGEMMET (2012). Reimpreso con permiso .....	18
Figura 3 Rotura de probeta de concreto. Elaboración propia.....	37
Figura 4 Dispositivo permeámetro según norma UNE EN 12390 (2009). Reimpreso con permiso ....	39
Figura 5 Profundidad de penetración de agua para muestras.....	42
Figura 6 Relación a/c y resistencia a la compresión. Raja G., 1993. Reimpreso con permiso. ....	43
Figura 7. Agregado fino, contenido de humedad. Elaboración propia. ....	44
Figura 8. Agregado fino, material pasante de la malla N°200. Elaboración propia. ....	45
Figura 9. Agregado fino, granulometría. Elaboración propia. ....	46
Figura 10. Agregado fino, curva granulométrica. Elaboración propia. ....	46
Figura 11. Agregado fino, peso específico. Elaboración propia. ....	47
Figura 12. Agregado fino, peso específico. Elaboración propia. ....	47
Figura 13. Agregado grueso, contenido de humedad. Elaboración propia. ....	48
Figura 14. Agregado grueso, contenido de humedad. Elaboración propia. ....	48
Figura 15. Agregado grueso, curva granulométrica. Elaboración propia. ....	49
Figura 16. Agregado grueso, peso específico y absorción. Elaboración propia.....	50
Figura 17. Agregado grueso, peso unitario. Elaboración propia. ....	51
Figura 18. Resistencia a la compresión en probetas de 7 días de edad. Elaboración propia.....	59
Figura 19. Resistencia a la compresión en probetas de 14 días de edad. Elaboración propia.....	60
Figura 20. Resistencia a la compresión en probetas de 21 días de edad. Elaboración propia.....	60
Figura 21. Resistencia a la compresión en probetas de 28 días de edad. Elaboración propia.....	61
Figura 22. Desarrollo de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) respecto a la edad del concreto (días). Elaboración propia. ....	63
Figura 23. Profundidad de penetración de agua a presión constante en unidades de muestra de concreto (mm).....	64
Figura 24. Peso unitario del concreto en las diferentes dosificaciones diseñadas. Elaboración propia.	65
Figura 25. Cuarteo y separación de las cantidades .....	105
Figura 26. Cuarteo y separación de las cantidades .....	105
Figura 27. Colocación de muestras en el horno. ....	105
Figura 28 Proceso para determinar la granulometría.....	105
Figura 29 Colocación del agregado en las mallas. Fuente propia. ....	106
Figura 30 Proceso de ensayo para determinar el .....	106
Figura 31 Secado del agregado fino para determinar .....	106

Figura 32 Apisonado del agregado fino en el cono para determinar su cantidad que será usada en el ensayo. Fuente propia. ....	106
Figura 33 Muestras compactada ara determinar su peso específico. Fuente propia. ....	106
Figura 34 Determinación del peso unitario de los agregados Fuente propia. ....	107
Figura 35 Determinación del peso específico del agregado grueso. Fuente propia. ....	107
Figura 36 Colocación de la mezcla en los moldes de concreto. Fuente propia. ....	107
Figura 37 Ensayo de slump para verificar la consistencia de la mezcla. Fuente propia. ....	107
Figura 38 Preparación de los materiales para la elaboración de la mezcla. Fuente propia. ....	107
Figura 39 Colocación del agregado fino en el picnómetro para determinar el peso específico. Fuente propia. ....	107
Figura 40 Verificación del peso unitario del concreto usando diatomita. Fuente propia. ....	107
Figura 41 Verificación del asentamiento del concreto. Fuente propia. ....	107
Figura 42 Equipo para determinar la resistencia a la compresión del concreto. Fuente propia. ....	107
Figura 43 Muestras de concreto para realizar ensayos de rotura. Fuente propia. ....	107
Figura 44 Colocación de las probetas de concreto en una piscina para su curado. Fuente propia. ....	107
Figura 45 Muestras de concreto para realizar ensayos de permeabilidad. Fuente propia, ....	107
Figura 46 Muestras de concreto después de ser sometidas a compresión. Fuente propia. ....	107
Figura 47 Probeta de concreto después de ser sometida a compresión. Fuente propia. ....	107
Figura 48 Probeta de concreto después de ser sometida a compresión. Fuente propia. ....	107
Figura 49 Preparación del equipo de permeabilidad. Fuente propia. ....	107
Figura 51 Equipo de permeabilidad. Fuente propia. ....	107
Figura 50 Preparación de la superficie que tendrá contacto con la presión constante del equipo. Fuente propia. ....	107
Figura 53 Muestras de concreto después de ser sometidos ensayos de permeabilidad. Fuente propia. ....	107
Figura 52 Colocación de la muestra de concreto en el quipo de permeabilidad. Fuente propia. ....	107

## RESUMEN

En la presente tesis se ha estudiado el concreto convencional con adiciones porcentuales de material DIATOMITA reemplazando en peso con cierto porcentaje de material cementante, de esta manera se estudió los cambios en lo referente a la durabilidad del concreto relacionándolo con el coeficiente de permeabilidad, además se tuvo en cuenta cómo reacciona este nuevo concreto en relación a la resistencia a la compresión debido a la sustitución parcial de cemento por diatomita ; se estudió con detalle los materiales que conforman el concreto con diatomita así como su diseño de mezcla y aplicaciones más usuales teniendo en cuenta su comportamiento en algunas características físicas y mecánicas.

Al tratarse de un concreto con características nuevas, su empleo fue estudiado y se tuvo escaso rango de sus aplicaciones, las aplicaciones que fueron tomadas con mayor importancia serán las de concreto simple tales como veredas, losas; para ello es necesario seguir controles de calidad rigurosos y procedimientos para la fabricación y puesta en obra.

Mediante esta investigación se demostró que la diatomita puede sustituir al cemento en un porcentaje sin alterar de forma negativa la resistencia a la compresión, además de lograr un cambio en la permeabilidad, asimismo se evaluó el peso y el costo unitario en relación a un concreto convencional.

Al finalizar el estudio se concluye que un concreto con sustitución al 15% en diatomita por cemento en peso, es el porcentaje con el que se logra una mayor resistencia pudiendo sobrepasar al concreto patrón en un 18% de su resistencia.

El siguiente estudio se dividió en distintos capítulos que pretenden exponer lo que se ha investigado sobre el concreto con diatomita

**.Palabras clave:** Resistencia, permeabilidad, durabilidad.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El diseño de estructuras de concreto ha estado influenciado por diversas tendencias, en una primera etapa el diseño de estructuras se basó en el criterio de resistencia mecánica, con el objetivo de garantizar una construcción capaz de soportar y resistir las cargas actuantes previstas. Sin embargo, en los últimos 25 años ha cobrado importancia la mejora en la utilización de recursos naturales y la disminución del efecto sobre el medio ambiente. Esto genera un cambio en el criterio de diseño de estructuras de concreto, pues la escases de recursos obligan a evaluar constantemente su uso más óptimo. En consecuencia, ha cobrado relevancia la disminución del consumo de recursos y el efecto ambiental de la producción del concreto, siendo necesario considerar un periodo de servicio de la estructura mayor.

#### 1.1.1. Antecedentes

A continuación, se hará mención de algunas investigaciones de las que hace referencia esta investigación.

##### *1.1.1.1. Antecedentes internacionales*

Ante esta realidad, surge la introducción de una característica poco evaluada, la durabilidad en el diseño de estructuras de concreto. En las últimas décadas ciertos códigos o normas de construcción han incluido el término durabilidad para el diseño de estructuras. Como son los casos de Japón, Nueva Zelanda, Australia y en toda Europa; pues se ha comprendido que ningún sistema, instalación o estructura puede garantizar su periodo de funcionamiento sin un diseño que prevea situaciones críticas y mantenimiento adecuado en condiciones de servicio. (Hernández y Mendoza, 2006)

En este ámbito, Ebensperger y Torrent (2010) señalan que la evaluación de permeabilidad del concreto sugiere una relación directa con la durabilidad del concreto,

pues es una magnitud que permite determinar la resistencia al ingreso de agentes agresivos en fase líquida o gaseosa, por ende, un parámetro de evaluación de la durabilidad.

En resumen, de lo mencionado se puede entender que la durabilidad se fundamenta en dos aspectos; ofrecer una mayor vida útil contribuyendo a la disminución del consumo de recursos empleados para la producción del concreto y a su vez el impacto en el medio ambiente. Y la “capacidad de resistir la acción del tiempo, agentes químicos externos y deterioro, derivados de la exposición y servicio a la que está sometida la estructura”.

(American Concrete Institute, 1997)

#### *1.1.1.2. Antecedentes nacionales*

Según Aldo A. Urday Ochoa, Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Santa María (2015), en su tesis de grado, “Uso de la diatomita para la elaboración de boquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa”, tuvo como objetivo elaborar bloquetas artesanales de concreto con el uso de diatomita como parte de los agregados. Realizó el diseño de mezclas para resistencias a la compresión de 50, 65 y 85 kg/cm<sup>2</sup>, al finalizar sus resultados demostraron que es factible el uso de la diatomita para la elaboración de bloquetas de concreto dando como porcentaje optimo el uso de 30 % de diatomita. El uso de la diatomita como parte del agregado logro reducir los precios de las bloquetas de 1.50 soles a 0.45 soles la unidad, además por medio de esta investigación se recomienda realizar estudios de concreto de alta resistencia y concretos ligeros con el uso de la Diatomita.

Según Iskra Guisele Bustamante Romero, Ingeniera Civil de la Universidad Católica del Peru (2017), en su tesis de grado, “*Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Peru*”, tuvo como objetivo estudiar la correlación entre la relación de agua/cemento y la permeabilidad al

agua de concretos usuales en el Perú, se diseñó mezclas para concretos con relaciones de agua / cemento de a.45, 0.5, 0.6, 0.7, con cemento tipo I y aditivo plastificante, estos ensayos fueron realizados mediante el método de permeabilidad normalizado EN 12390 – 8:2000 Norma Europea implementados en LEDI PUCP. La investigación concluyo en que la relación que existe entre el coeficiente de permeabilidad y la relación a/c es directa y varia de forma exponencial. Se demostró que el factor de curado húmedo continuo durante los 28 días es determinante para una menor permeabilidad. Esto hizo que se implementara de forma satisfactorio el ensayo de la norma EN 12390-8 en el LEDI – PUCP.

Bajo un enfoque ambiental, el concreto es el material artificial de mayor consumo conformado por la combinación de cemento, agua y agregados. Es importante reconocer que estudios recientes muestran que el cemento es la fuente de aproximadamente el 8% de la producción mundial de dióxido de carbono en la atmósfera. (BBC News, 2018) En el año 2016, el Ministerio del Ambiente presentó el reporte denominado “El Perú y el cambio climático” donde se realizó el Inventario de Gases de Efecto Invernadero y se establecen seis categorías de fuentes de producción de gases, siendo la más relevante para la presente tesis la que corresponde a Procesos Industriales, pues constituye el 4.12% de emisiones de dióxido de carbono.

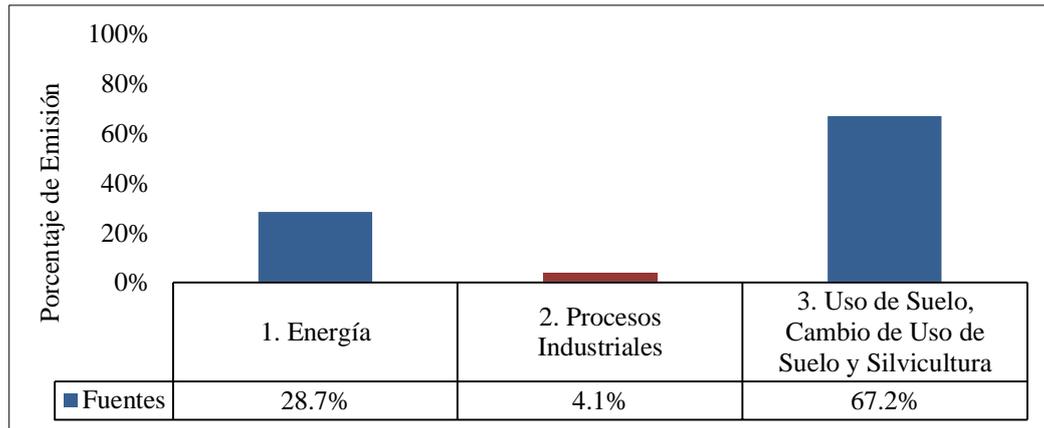


Figura 1 Emisión de dióxido de carbono a nivel nacional. MINAM (2016). Reimpreso con permiso.

Esta, a su vez, posee tres subcategorías, donde se encuentran la Producción de minerales, Industria química y Producción de metales. En la sub categoría de Productos minerales, comprende los siguientes productos: cemento, cal y otros productos carbonatos. Siendo el cemento el producto que más contribuye (2.59%) en la emisión nacional de dióxido de carbono.

Tabla 1

*Huella de carbono del cemento*

Total de Emisiones (Giga gramos)	Procesos Industriales	Productos Minerales	Cemento
147095 Gg	6064 Gg	4518 Gg	3813 Gg
Porcentaje respecto al Total de Emisiones			
100.00%	4.12%	3.07%	2.59%

Nota: Fuente: MINAM, 2016

Se estima que, Perú genera alrededor del 2% de la producción mundial de diatomita, este porcentaje es explotado de los yacimientos localizados en cinco departamentos, siendo el mayor proveedor nacional Arequipa, que contribuye con el 90% de la producción, además de Piura, Ica, Ayacucho y Tacna. (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2010)

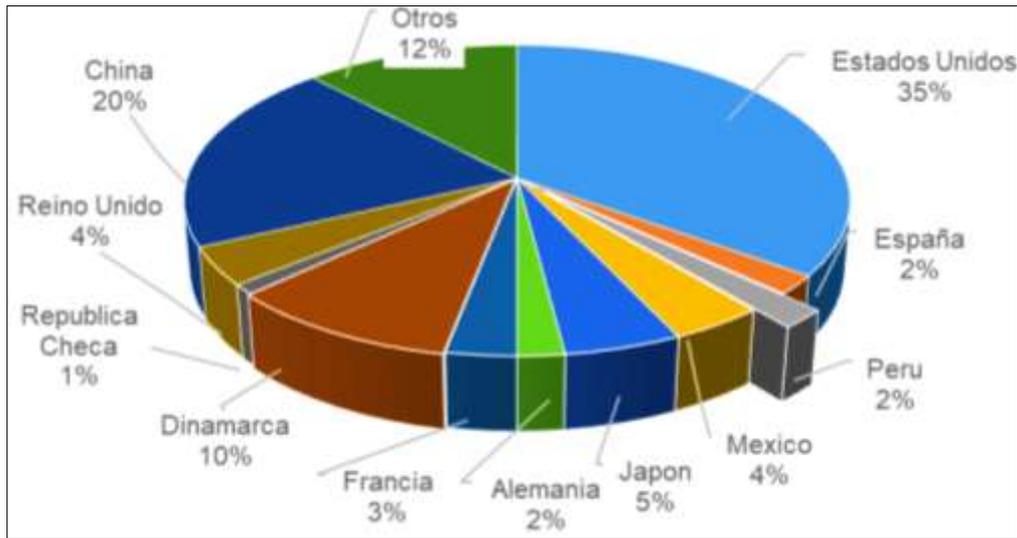


Figura 2 Distribución de la producción mundial de diatomitas por países. INGEMMET (2012).  
Reimpreso con permiso.

A partir de la información mostrada, se evidencia el impacto de la producción de concreto en la emisión de dióxido de carbono a nivel mundial y nacional, la cual puede reducirse al emplearse materiales que puedan suplir la función del cemento, cuyo origen sea natural y por lo tanto no contribuya a incrementar la huella de carbono del concreto.

En este sentido, la búsqueda de materiales alternativos al cemento se ha considerado una aplicación nueva a la diatomita, la cual a nivel mundial tiene sus principales aplicaciones en el rubro de agricultura e incluso como material filtrante. Es así que investigaciones recientes a nivel internacional y local han demostrado que la adición de la diatomita reduce el porcentaje de vacíos y poros permeables, debido a ello reducen la permeabilidad, evitando así la penetración de agua y sales disueltas en el concreto.

De la base estadística presentada, la cual indica que Perú posee un importante potencial de producción de diatomita, y considerando investigaciones recientes que brindan información del efecto de su uso en las propiedades mecánicas del concreto se pretende a través de la presente tesis profundizar la información existente y evaluar el impacto de la

diatomita en la durabilidad del concreto, empleándolo como material cementante y a su vez como aditivo impermeabilizante.

Por consiguiente, para una mejor comprensión del tema, es preciso conocer algunos conceptos claves que ayudarán a entender la finalidad de esta investigación.

#### *Ensayo de compresión*

Según la NTP 339.047 Concreto. Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados, es el “ensayo de tracción por hendimiento que consiste en romper un cilindro de concreto del tipo normalizado para este ensayo, entre los cabezales de una prensa según generatrices opuestas”.

#### *Resistencia a la compresión*

Según el American Concrete Institute, es la característica mecánica principal del concreto, y esta se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo. Los resultados de esta prueba se emplean para determinar que la mezcla cumpla con los requerimientos de resistencia especificada para una estructura determinada. En el ámbito nacional esta normada por la NTP 339.034:2015 Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.

#### *Curado*

La Norma Técnica Peruana 339.047 (2019) indica que es el “proceso de controlar las condiciones ambientales, temperatura y humedad, durante el fraguado y endurecimiento del cemento, mortero u concreto” (p.9). Al mantener húmedo el concreto se hace más fuerte la adherencia entre sus compuestos; el concreto no se endurece apropiadamente si se deja secar prematuramente, especialmente bajo la acción de los rayos solares y del viento.

### *Fraguado*

según la NTP 339.047 (2019) la define como la “Condición alcanzada por una pasta, mortero o concreto cuando ha perdido plasticidad a un grado convencional, generalmente medido en términos de resistencia a la penetración; fraguado inicial se refiere a la primera rigidez, fraguado final se refiere a la adquisición de una rigidez significativa” (p.11).

### *Granulometría*

Según la NTP 339.047 (2019) es la que “Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado. Procedimiento que se realiza mediante tamizado, obteniéndose la masa de las fracciones del agregado retenidas en cada uno de los tamices” (p.11). La gradación de los agregados puede afectar las proporciones empleadas en el concreto, en su trabajabilidad, en la economía, en la porosidad, en la durabilidad y en la resistencia de la mezcla, así como los requerimientos de agua y cemento.

### *Permeabilidad*

Según Torres C. (2004), se entiende la permeabilidad como la capacidad que tiene un material de permitir el paso de fluidos a través de sus poros. Sin embargo, es natural que el concreto sea un material poroso y a la vez con un cierto de permeabilidad. Esta característica dependerá de las propiedades de los materiales y características de elaboración del mismo (colocación y compactación).

### *Vida útil*

Según Yugovich R. (2014) refiere a la vida útil como el “Periodo de tiempo durante el cual la estructura es capaz de desempeñar funciones para las cuales fue proyectada, sin necesidad de intervenciones no previstas” (p.3).

## **1.2. Formulación del problema**

De acuerdo a lo evidenciado en el acápite anterior, se puede afirmar que la durabilidad del concreto tiene estrecha relación con la permeabilidad del concreto, esto nos lleva en la búsqueda de materiales alternativos, que no generen mayores costos y a su vez contribuyan al cuidado del medio ambiente. Es el caso de la diatomita, la cual será empleada para mejorar dicha característica y al mismo tiempo disminuir el uso del cemento y aditivos químicos en la elaboración de concreto.

En este sentido, se plantea el problema:

¿Cómo mejorar las propiedades físicas/mecánicas del concreto mediante el uso de diatomita como sustituto parcial del cemento?

### **1.2.1. Problemas específicos**

- ✓ ¿La influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% mejorará la resistencia a la comprensión del concreto?
- ✓ ¿La influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% disminuirá la permeabilidad del concreto respecto a su valor convencional?
- ✓ ¿La concentración de diatomita al 10, 15 y 20 % favorecerá a disminuir el peso unitario del cemento respecto a un concreto convencional.?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Mejorar las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto mediante el uso de diatomita como sustituto parcial de cemento.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% en la resistencia a la comprensión del concreto.

- ✓ Determinar la influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% en la disminución de la permeabilidad del concreto respecto a su valor convencional.
- ✓ Determinar la influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20 % para disminuir el peso unitario del concreto respecto a un concreto convencional.

#### **1.4. Hipótesis**

##### **1.4.1. Hipótesis General**

El uso de la diatomita en un 20 % de peso como sustituto parcial de cemento mejorará las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto.

##### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- ✓ El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, mejora el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.
- ✓ El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso mejora la impermeabilidad del concreto respecto a un concreto convencional.
- ✓ El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, disminuye el peso unitario del concreto respecto a un concreto convencional.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

La presente investigación se enmarco en las siguientes tipologías.

Según el propósito:

Es una investigación aplicada, debido a que basándose en la utilización de conocimientos adquiridos (fórmulas, teorías y normas técnicas) busca obtener una respuesta en específico, siendo en esta investigación determinar el efecto del uso de diatomita, como sustituto cementante, sobre propiedades del concreto relacionadas a la durabilidad. Para ello se realizaron ensayos de materiales y diseño de concreto para obtener resultados prácticos y analizarlos a corto plazo.

Según el enfoque:

Es una investigación cuantitativa, la presente tesis fue realizada mediante la recolección de datos, los cuales fueron medidos numéricamente y se realizaron análisis comparativos entre los tipos de concretos evaluados.

Por el diseño:

Experimental, la investigación se realizó mediante la manipulación de variables, una variable independiente (% de Diatomita) y tres variables dependientes (resistencia a la compresión axial, permeabilidad del concreto y peso unitario) para analizar las consecuencias de tal proceso.

Por alcance:

Correlacional, los alcances en los que concluirá la investigación relacionan la variable independiente con las variables dependientes en una función de causa – efecto; pues se

evaluará la variación de ciertas propiedades del concreto ante la inclusión de diatomita en su composición.

La investigación fue realizada en los laboratorios de concreto de la Universidad Privada del Norte y laboratorio de concreto de SIKA.

## **2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.2.1. Unidad de estudio**

Son las probetas de concreto fabricadas según lo especificado en la Norma Técnica Peruana 339.033:2015 Practica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.

### **2.2.2. Población**

Por el tipo de investigación experimental, la población estará conformada por todas las probetas diseñadas, elaboradas y ensayadas en los laboratorios de la Universidad Privada del Norte y otros externos.

### **2.2.3. Muestra**

La muestra será no probabilística, para establecer el tamaño de la muestra se recurrió a la normativa americana ACI 318-08 Building code requirements for structural concrete and commentary, la cual establece el número de ensayos mínimo que deben ensayarse para que se pueda obtener un dato confiable.

De esta manera un ensayo de resistencia a la compresión axial debe ser el promedio de las resistencias de por lo menos tres probetas de 4'' x 8'' pulgadas ensayadas a 28 días, para que un ensayo sea satisfactorio deberá cumplir con dos requisitos:

- ✓ El promedio aritmético de tres ensayos consecutivos es igual o superior a la resistencia de diseño.
- ✓ Ningún resultado de ensayo de resistencia es menor que la resistencia de diseño por más de 35.69 Kg/cm<sup>2</sup>.

Para el ensayo de permeabilidad del concreto se tomarán dos muestras cilíndricas de 6'' x 12'' pulgadas por cada diseño según se menciona en la norma europea UNE 12390-8 Profundidad de penetración de agua bajo presión.

De esta manera se tendrá el siguiente cuadro resumen con el número de muestras a realizarse en la siguiente investigación.

Tabla 2  
*Distribución de muestras para ensayos de laboratorio*

MUESTRAS	Resistencia a la compresión (4'' x 8'')				Permeabilidad del concreto (6'' x 12'')
	7 días	14 días	21 días	28 días	28 días
Concreto Patrón	3	3	3	12	3
Concreto + 10 % DIATOMITA	3	3	3	12	3
Concreto + 15 % DIATOMITA	3	3	3	12	3
Concreto + 20 % DIATOMITA	3	3	3	12	3

**Nota.** La tabla 2 muestra la distribución de muestras para realizar ensayos de laboratorio. Autoría propia.

De esta manera, se obtuvo una muestra de 96 probetas, las cuales fueron ensayadas para obtención de los resultados en la presente investigación.

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

#### **2.3.1. Instrumentos para la recolección de datos**

La recolección de datos se dará mediante el uso de normas, procedimientos estandarizados proporcionados por la American Society for Testing and Materials (ASTM) y las Normas Técnicas Peruanas, relativas al concreto los cuales fueron realizadas en los laboratorios de tecnología del concreto de la Universidad Privada del Norte, además se usaron normativas internacionales para la recolección de datos relativos a la permeabilidad del concreto, representado por la profundidad de penetración de agua

bajo presión. Esta recolección de datos se realizó por medio de la observación directa en la ejecución de todos los ensayos realizados.

### 2.3.2. Técnicas y procedimientos para analizar los datos

La recolección de datos fue llevada a cabo de la siguiente manera.

Se elaboraron 84 probetas de 4"x8" las cuales fueron clasificados en cuatro tipos. La recolección de datos consistió en realizar la rotura de tres probetas de cada tipo, tomar las lecturas del diámetro, y la carga máxima de rotura para los días 7, 14, 21 y 28 días de edad.

Tabla 3.

*Muestreo para recolección de datos en los ensayos de Resistencia a la compresión.*

Tipo y cantidad de probetas	Descripción
A (21 probetas)	Diseñadas patrón con un diseño convencional ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
B (21 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 10% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
C (21 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 15% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
D (21 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 20% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).

**Nota.** La tabla 3 muestra el muestreo para la recolección de datos en los ensayos a compresión. Autoría propia.

Se elaboraron 12 probetas de 6"x12" las cuales fueron clasificados en 4 tipos. Para determinar el grado de permeabilidad de cada tipo de concreto evaluado se observó la profundidad de penetración de agua en las muestras.

Además, para el procesamiento de datos es necesario considerar las herramientas por el cual se han obtenido los datos, como son: apuntes, normatividad (NTP, NTC, EN), equipo procesador de datos, equipos de medición, instrumentos estadísticos (Excel y IBM-SPSS V.25). Con este último se verificará la normalidad de los datos bajo la prueba de Shapiro Wilk por tener datos menores a 50.

Tabla 4.

*Muestreo para recolección de datos en los ensayos de Permeabilidad del Concreto.*

Tipo y cantidad de probetas	Descripción
A (03 probetas)	Diseñadas patrón con un diseño convencional ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
B (03 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 10% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
C (03 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 15% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
D (03 probetas)	Diseñadas con una inclusión de DIATOMITA al 20% de peso del cemento ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).

**Nota.** La tabla 4 muestra el muestreo para la recolección de datos en los ensayos de permeabilidad del concreto. Autoría propia.

## 2.4. Procedimiento

### 2.4.1. Diseño de mezclas por el método del Comité ACI 211

Este procedimiento está basado en el empleo de tablas de diseño.

*Paso 01: Determinación de la resistencia crítica de diseño ( $f'cr$ )*

Debido a la naturaleza de la investigación no se cuentan con datos estadísticos, por ello se emplean las siguientes condiciones:

Tabla 5.

*Criterios de diseño para la resistencia de diseño.*

Condición	Criterio
Si, $F'c < 210$ kg/cm <sup>2</sup>	Entonces, $F'cr = F'c + 70$ kg/cm <sup>2</sup>
Si, $210 < F'c < 350$ kg/cm <sup>2</sup>	Entonces, $F'cr = F'c + 85$ kg/cm <sup>2</sup>

**Nota.** Fuente: ACI, 2007.

*Paso 02: Establecimiento del Tamaño Máximo Nominal (TMN)*

Se determina de forma visual y está establecido por la malla superior que retiene un mínimo de agregado al momento de ser tamizado.

*Paso 03: Determinación del asentamiento (SLUMP)*

Este será establecido en función a la concentración de acero o condiciones de encofrado. Será medido a través del ensayo de Cono de Abrams según lo establecido en la Norma Técnica Peruana 339.035:2015 Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland.

*Paso 04: Hallar el volumen unitario de agua*

El volumen unitario de agua se establecerá en función del asentamiento y el tamaño máximo nominal del agregado grueso y estarán expresados en litros por metro cúbico unitario.

Tabla 6.  
*Volumen unitario de agua (L/m<sup>3</sup>)*

Asentamiento establecido	Tamaño Máximo del Agregado Grueso							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	--

**Nota.** Fuente: ACI, 2007.

*Paso 05: Selección del contenido de aire atrapado*

Para establecer el contenido de aire incluido en el concreto, se deberá contar con el tamaño máximo nominal de agregado grueso y se realizará en función a la siguiente tabla.

Tabla 7.  
*Contenido de aire atrapado.*

Tamaño máximo nominal del Agregado Grueso		Porcentaje de aire atrapado
3/8"	9.5 mm	3.0
1/2"	12.5 mm	2.5
3/4"	19.0 mm	2.0
1"	25.0 mm	1.5
1 1/2"	37.5 mm	1.0
2"	50.0 mm	0.5
3"	75.0 mm	0.3
6"	150.0 mm	0.2

**Nota.** Fuente: ACI, 2007.

*Paso 06: Selección de la relación agua-cemento*

Una vez determinada la resistencia crítica de diseño se deberá establecer la presencia o no de aire incorporado en el concreto y de esta forma se obtendrá la relación entre agua y el cemento a través de la siguiente tabla.

Tabla 8.  
*Relación agua cemento.*

f <sub>cr</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
210	0.68	0.59
250	0.62	0.53
280	0.57	0.48
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
420	0.41	-

450	0.38	-
-----	------	---

**Nota.** Fuente: ACI, 2007.

*Paso 07: Cálculo del contenido de cemento*

Empleando la relación de agua/cemento, y habiendo obtenido el volumen de agua necesario por unidad volumétrica de concreto, se determinará la cantidad de cemento requerida.

$$\frac{\text{Volumen de agua (L)}}{\text{Cantidad de Cemento (kg)}} = a/c$$

*Paso 08: Determinación del contenido de agregado grueso*

Se establecerá el contenido de agregado grueso, determinando el factor de volumen, como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 9.  
*Coefficiente volumétrico del agregado grueso.*

TMN		Módulo de finura del Agregado Fino			
Agregado Grueso		2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	9.5 mm	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	12.5 mm	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	19.0 mm	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	25.0 mm	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	37.5 mm	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	50.0 mm	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	75.0 mm	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	150.0 mm	0.87	0.85	0.83	0.81

**Nota.** Fuente: ACI, 2007.

Este coeficiente afectará al peso unitario seco del agregado grueso para poder hablar el volumen de este componente.

*Paso 09: Cálculo de la suma de volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino*

Se sumarán los volúmenes del agua, cemento, agregado grueso y aire atrapado (o incorporado de ser el caso).

*Paso 10: Determinación del volumen absoluto de agregado fino*

Considerando un volumen unitario y conociendo el volumen de todos los componentes del agua, cemento, agregado grueso y aire atrapado (o incorporado de ser el caso), se puede conocer el volumen del agregado fino.

*Paso 11: Cálculo del peso en estado seco del agregado fino*

Mediante el peso específico del agregado fino, obtenido en la caracterización de materiales, y el volumen absoluto de agregado fino producto del paso anterior se puede hallar el peso de este componente.

$$\text{Volumen absoluto Ag. Fino (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso Ag. Fino (Kg)}}{\text{Peso específico } \left(\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3}\right) \times 1000}$$

*Paso 12: Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y grueso por metro cúbico de concreto.*

Presentación del diseño en estado seco

Las cantidades de cemento, agregado fino y grueso serán expresados en peso, a excepción del agua.

*Paso 13: Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados*

Teniendo en cuenta los pesos del agregado fino y grueso, se realizará el balance considerando la humedad superficial del agregado (aporte de agua a la mezcla) y la

absorción (pérdida de agua en la mezcla). De esta forma se mantendrá el volumen de agua establecido previamente.

*Paso 14: Determinación de la proporción en peso*

Finalmente, se determinarán las proporciones de los componentes del concreto teniendo como unidad de referencia la cantidad de cemento.

### 2.4.2. Principales propiedades del concreto

Las pruebas fundamentales que contribuyen al cumplimiento de las características mencionadas, estas deben ser diferenciadas según el estado del concreto como se muestra a continuación:

Tabla 10.  
*Propiedades fundamentales del concreto según estado.*

Estado Fresco	Estado Endurecido
Asentamiento	Resistencia
Temperatura	
Densidad	
Contenido de Aire	

**Nota.** Fuente: Rodríguez R., 2014.

Según el Ing. José Rodríguez: existen requerimientos básicos para realizar el control de calidad del concreto.

Tabla 11.  
*Principales características de evaluación del concreto.*

Resistencia	Para obtener la capacidad de resistir cargas estructurales.
Durabilidad	Capacidad para resistir la acción del ambiente
Trabajabilidad	Medida de la facilidad con la que el concreto puede ser colocado, consolidado y acabado.
Economía	Los mayores beneficios con los menores costos.

**Nota.** Fuente: Rodríguez R., 2014.

Considerando ello, se tomará en cuenta las siguientes propiedades:

ello, se tomará en cuenta las siguientes propiedades:

Tabla 12.

*Propiedades a evaluar en el concreto, según su estado.*

Estado Fresco	Estado Endurecido
Asentamiento	Resistencia a la compresión
Peso unitario	Permeabilidad

**Nota.** La tabla 12 muestra las propiedades a evaluar en el concreto según su estado. Autoría propia.

### 2.4.3. Propiedades del concreto en estado fresco

#### *a. Asentamiento con el Cono de Abrams*

Reglamentado por la NTP 339.035:2015 Concreto. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland y la norma ASTM C143 Método de ensayo normalizado para asentamiento de concreto de cemento hidráulico, que incluye la siguiente clasificación en función al asentamiento alcanzado. Siendo los concretos secos, plastificados y fluidos los más usados en la construcción.

Tabla 13.

*Consistencia y asentamiento del concreto.*

Tipo	Asentamiento	Comportamiento
Muy Seco	< 2"	No fluye.
Seco	2" a 3"	Necesita ayuda para fluir.
Plastificado	4" a 5"	Fluye bien.
Fluido	6" a 7"	Fluye rápidamente.
Muy Fluido	> 7"	Se puede auto nivelar.

**Nota.** Fuente: Rodríguez R., 2014.

#### *Objetivos*

- ✓ Determinar el asentamiento del concreto en un rango de ½" - 9".
- ✓ Comprobar lo establecido por las especificaciones

### *Método de Muestreo*

- ✓ La muestra debe representar toda la tanda.
- ✓ Este método es aplicable con agregados de hasta de 1 ½"; se debe remover los tamaños mayores mediante un tamiz de 1 ½".

### *Procedimiento para la evaluación de asentamiento*

- ✓ Empapar el equipo y colocar sobre una superficie llana no absorbente y rígida.
- ✓ Colocar el concreto en tres capas de igual volumen
- ✓ Introducir la varilla 25 veces e inclinarla cerca del perímetro
- ✓ Introducir la varilla 25 veces penetrando 1" en la capa anterior.
- ✓ Agregue concreto antes de completar 25 golpes.
- ✓ Enrasar sobre el borde superior con la varilla de compactación. Remover el concreto derramado
- ✓ Levantar el cono verticalmente, sin giros, en  $5 \pm 2$  s.
- ✓ Medir la distancia vertical desplazada de la mezcla con una precisión de ¼" (5mm).
- ✓ En caso ocurriera un ladeo de la mezcla, esta se desecha y se volverá a realizarla con una nueva porción. Se debe realizar el total del ensayo en no más de 2.5 min.

### *Equipos para medir el asentamiento*

- ✓ Cono de Abrams Ø inferior 200mm/ Ø superior 100mm; Altura 300mm  
Tolerancias  $\pm 3$ mm; Espesor mín.1.5mm.
- ✓ Barra compactadora de acero liso con punta semiesférica Ø 5/8" (16mm) x 24" (600mm).
- ✓ Regla de metal rígido (Wincha), Long  $\geq 30$ cm, divisiones 5mm, Herramientas manuales.

### ***b. Peso Unitario***

Reglamentada bajo la Norma Técnica Peruana 339.046:2018 Concreto. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto y la normativa ASTM C138.

### *Objetivos*

- ✓ Determinar el peso unitario del concreto.

- ✓ Determinar el rendimiento de la mezcla del concreto.

### *Importancia*

Un cambio en el peso unitario indica una variabilidad en algún requisito del desempeño del concreto, esto puede indicar:

- ✓ Variación en materiales empleados.
- ✓ Mayor contenido de aire y agua.
- ✓ Cambio en las proporciones de los agregados.

### *Criterios de Control del peso unitario*

El la variación del contenido de cemento para un metro cúbico disminuye al producir un mayor volumen de concreto. En consecuencia, ocurre la posibilidad de alcanzar resistencias más bajas, y una disminución en sus otras propiedades.

La relación de a/c mayores ocasiona que la resistencia a la compresión disminuye.

Ocasiona una mayor contracción, más fisuras, mayor permeabilidad.

### *Equipos para medir peso unitario*

- ✓ Balanza con precisión al 0.3% de la masa considerada para llenar al contenedor.
- ✓ Recipiente cilíndrico. El contenedor debe ser determinado en su volumen por lo menos una vez al año.
- ✓ Placa de Enrasado, espesor  $\geq \frac{1}{4}$ " (6mm), Largo y ancho  $\varnothing$  recipiente + 2".
- ✓ Varilla o vibrador de  $\varnothing \frac{5}{8}$ " (16 mm) x 24" (600mm)

### *Procedimiento de ensayo*

- ✓ Calcular el peso del recipiente (en kg) y humedecerlo. Calcular su volumen.
- ✓ Llenar y compactar en tres capas; en la última sobrellenar el recipiente.
- ✓ Compactar con una varilla 25 veces. Penetrar cada capa en 1" (25 mm).
- ✓ Golpear los lados con el mazo en c/capa aprox. de 10 a 15 veces.
- ✓ Enrasar la superficie del concreto con, dar acabado liso.
- ✓ Limpiar el exterior del recipiente y determinar su peso (kg).

### *Parámetros de medición*

Cálculo del Peso unitario y rendimiento:

*Expresión N° 1. Peso unitario del concreto*

$$P.U \left( \frac{kg}{m^3} \right) = \frac{\text{Peso total (kg)} - \text{Peso recipiente (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

Normalmente el peso unitario del concreto oscila entre 2240kg/m<sup>3</sup> a 2400kg/m<sup>3</sup>.

*Expresión N° 2. Rendimiento del volumen de concreto.*

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso total de la tanda (kg)}}{\text{Peso unitario promedio (kg/m}^3\text{)}}$$

Rendimiento > 1.00: Rinde más de 1m<sup>3</sup>.

Rendimiento < 1.00: Rinde menos de 1m<sup>3</sup>.

Tolerancia máxima: 2%

#### **2.4.4. Propiedades del concreto en estado endurecido**

##### ***a. Resistencia a la Compresión axial***

Reglamentada por la NTP 339.034:2015 y la normativa ASTM C39, que hacen referencia al Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas

##### *Objetivos*

Determinar la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas, moldeadas de concreto o de testigos diamantinos extraídos de concreto endurecido.

##### *Procedimiento de ensayo*

Este método consiste en aplicar una carga axial en compresión a los moldes cilíndricos con una velocidad constante en el rango especificado antes que la falla ocurra.

##### *Tolerancias de Tiempo*

El tiempo de ensayo de las probetas estará sujeto a las tolerancias indicadas en la tabla siguiente.

Tabla 14.  
*Resistencia a la compresión, tolerancia para realización de ensayo.*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	+/- 0.5 horas o 2.1%
3 días	+/- 2.0 horas o 2.1%
7 días	+/- 6.0 horas o 2.1%
28 días	+/- 20.0 horas o 2.1%
90 días	+/- 2.0 días o 2.1%

**Nota.** Fuente: INACAL, 2015.

### *Velocidad de Carga*

Deberá aplicarse de forma constante de inicio hasta la rotura de la probeta, evitando alteraciones en su operación, le rango para equipos operados hidráulicamente será de 0.14 MPa/s a 0.34 MPa/s.



Figura 3 Rotura de probeta de concreto. Elaboración propia.

### *Expresión de resultados*

El resultado de la compresión de la muestra ( $f'c$ ) se calcula entre el cociente de la máxima carga y el área de la sección o superficie de aplicación de carga de la muestra.

*Expresión N° 3. Resistencia a la compresión de probeta de concreto.*

$$f'c \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{\text{Carga máxima (kg)}}{\text{Área transversal de la probeta (cm}^2\text{)}}$$

### ***b. Permeabilidad del concreto al agua***

A nivel nacional no se cuenta con normativa aceptada para la evaluación de esta propiedad, sin embargo, en el ámbito europeo se ha difundido la norma de origen español UNE EN 12390 Ensayo de profundidad de penetración de agua bajo presión. Dicha normativa tiene sus orígenes en el año 1970, a partir del modelo de Valenta, que establece una relación entre la profundidad de penetración de agua y el coeficiente de permeabilidad.

#### *Objetivos*

Este método comprende la determinación, en el laboratorio, de la profundidad de agua penetrada bajo presión en concretos que han cumplido el tiempo de fraguado (28 días). Se emplea en concretos que, por su diseño, composición y características, son de muy baja permeabilidad.

Así mismo, la observación sobre el comportamiento de la propiedad de permeabilidad del concreto permitirá hacer una clasificación en lo establecido por la NTC 4483 Concreto; determinación de permeabilidad; mediante la siguiente tabla.

Tabla 15.

*Relación de la permeabilidad del concreto con el coeficiente de permeabilidad y la profundidad de penetración.*

Determinación	Unidad	Permeabilidad		
		Baja	Media	Alta
Coeficiente de permeabilidad	m/s	$< 10^{-12}$	$10^{-12}$ a $10^{-10}$	$>10^{-10}$
Profundidad de Penetración	mm	$< 30$	30 a 60	$>60$

**Nota.** Fuente: ICONTEC, 1998.

#### *Equipos para medir la permeabilidad*

El equipo consistirá en un dispositivo que conste de dos plataformas con orificios centrales sobre los platos, donde se encuentren adheridos empaques, los que formarán un sello contra la filtración del agua a presión.

El dispositivo deberá contar con un recipiente de almacenamiento de agua constante, que permita la mínima pérdida y máxima precisión en el caudal.

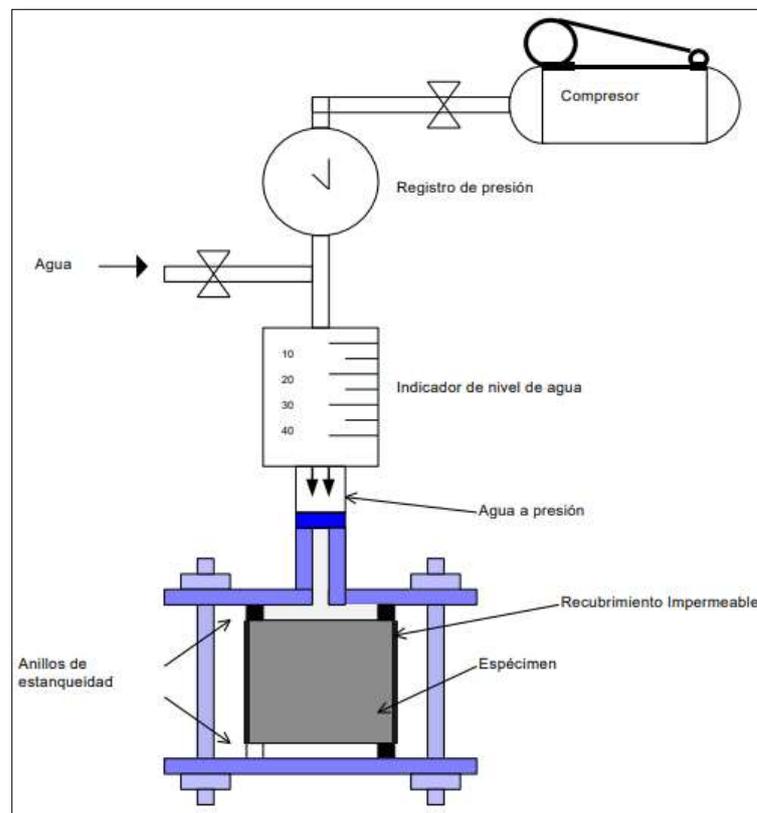


Figura 4 Dispositivo permeámetro según norma UNE EN 12390 (2009). Reimpreso con permiso

#### *Procedimiento de ensayo*

Las probetas tendrán una edad no menor de 28 días y serán cúbicas, cilíndricas o prismáticas. De longitud de lado o diámetro, no menor de 150mm. Inmediatamente después de desmoldar la probeta, se desbastará la superficie plana de la probeta que será expuesta a la presión de agua con un cepillo de púas metálicas.

La probeta es colocada en el equipo de ensayo y se aplica agua a una presión de 500kPa (+/- 50 KPa); durante 72horas (+/- 2horas). Mientras dure el ensayo se observará de

manera periódica el estado de la superficie de la probeta en ensayo, no expuesta a la presión, para observar la presencia de agua.

Al culminar el tiempo especificado se retirará la fuente que provea de agua y se limpiará el exceso del líquido. Se procede a partir la probeta en mitades, de forma perpendicular a la superficie en la que se aplicó la presión de agua. Se hará un registro de la profundidad máxima de penetración de agua que sufrió la muestra.

#### **2.4.5. La durabilidad y su relación con la permeabilidad del concreto**

Según lo mencionado en el primer apartado de la esta investigación, la durabilidad o tenacidad de las estructuras de concreto es un aspecto que ha cobrado relevancia en los últimos años, tanto por la búsqueda de la disminución del consumo de materiales y recursos con impacto negativo en el ambiente, como ofrecer la capacidad de resistir las condiciones de servicio requeridas en el periodo de vida útil establecido.

En nuestro medio, la NTP 339.047:2019 Concreto. Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados, la describe como la “capacidad del concreto, mortero grout o revoque de cemento Portland de resistir a la acción de la intemperie y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión” (p.9).

Así mismo Torrec C. (2004), señala que es la “característica de poder soportar aquellas exposiciones que pueden privarlo de su capacidad de servicio tales como congelación y deshielo, ciclos repetidos de mojado y secado, calentamiento y enfriamiento, sustancias químicas, ambiente marino y otras”.

En un enfoque sobre la estructura interna del concreto, Zhang y Zong (2014) afirman que la “durabilidad del concreto juega un rol crítico en el control de la serviciabilidad”. También indican que esta propiedad se encuentra estrechamente relacionada a la

permeabilidad, dicho en otros términos, la capacidad de penetración de líquidos y/o gases en la estructura interna del concreto.

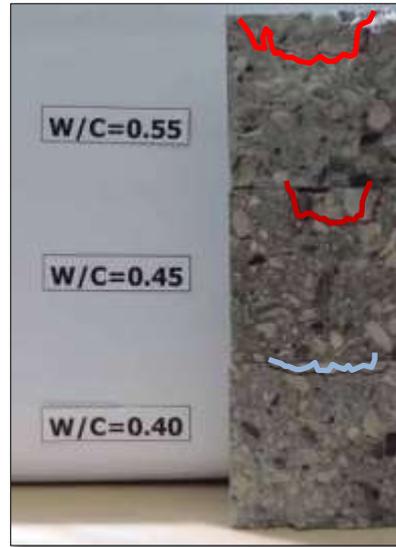
Considerando lo antedicho, se entiende por permeabilidad a la resistencia que ofrece el concreto para evitar el ingreso de agua, sulfatos, cloruros, gases carbónicos u otro agente que produzca ataque químico en el concreto, que afecte finalmente su serviciabilidad.

Al respecto, el Instituto Americano del Concreto, mediante el Comité 350 “Código de requerimientos para estructuras de concreto de ingeniería ambiental” que indica los métodos de diseño de estructuras de concreto armado para contención de gases o líquidos, limita dentro de los criterios fundamentales para su diseño: la resistencia a la compresión (la cual en el Capítulo 4. Requerimientos de durabilidad, se establece como mínimo un  $f'c$  de 280 kg/cm<sup>2</sup>) y la relación de agua y cemento (la cual será como máximo 0.5). Sin embargo, no se pone atención a la permeabilidad o coeficiente de Darcy del concreto.

Ante esta ausencia, para efectos de evaluación de la permeabilidad del concreto, se recurre a la normativa internacional representada por la UNE 12390-8 Profundidad de penetración de agua bajo presión, de origen español. Este procedimiento aplica a aquellos concretos con baja permeabilidad, pues al poseer una red porosa discontinua no permiten el paso del flujo de agua a través de la probeta de muestreo, sino más bien permite la penetración en una profundidad parcial de la unidad de prueba.

La configuración de la red porosa está vinculada con la relación de agua/cemento, que al ser inferior a 0.4 disminuye significativamente la penetración de agua en las unidades de muestreo. El efecto de una relación agua/cemento inferior a 0.35 es tal, que se ha evidenciado que luego de que probetas hayan sido sumergidas totalmente por un periodo de 28 días, estas al ser fracturadas se muestran secas en su interior; mientras que concretos de uso frecuente, con relaciones agua/cemento que oscilan entre 0.55 y 0.7, se pudo

apreciar que se encuentran saturadas en su totalidad, bajo las mismas condiciones. (SIKA, 2013).



*Figura 5* Profundidad de penetración de agua para muestras de diferentes relaciones a/c según norma UNE EN 12390, SIKA (2013). Reimpreso con permiso

Si bien la permeabilidad del concreto es una propiedad que ha sido estudiada en los recientes años, aún no se ha convertido en un parámetro definido y una especificación clara como lo son el asentamiento y la resistencia a la compresión, pues su aplicación se limita a aquellas estructuras de alta complejidad e inversión elevada.

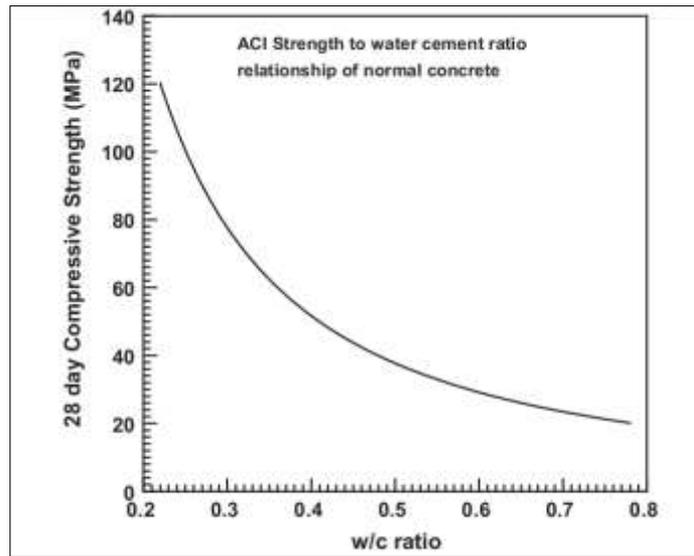


Figura 6 Relación a/c y resistencia a la compresión. Raja G., 1993. Reimpreso con permiso.

La Fig. N° 6, muestra el efecto de la relación de agua/cemento sobre la resistencia a la compresión. Donde se aprecia que a medida que disminuye este ratio se incrementa significativamente la capacidad de carga por unidad de área. Sin embargo, no hay relación directa entre la durabilidad y este parámetro del concreto, pues la resistencia a cargas de aplastamiento no implica la capacidad para resistir la acción de agentes químicos que puedan deteriorar el concreto.

#### 2.4.6. Instrumento para el análisis de datos

El instrumento de medición estadística utilizado serán las hojas de cálculo Excel y el programa IBM-SPSS V 25. Este software nos ofrece una técnica de recolección analítica predictiva para el análisis de los datos en la investigación. Con el programa se verificará el criterio de normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk (por ser nuestra muestra menor a 50), a partir de ello se realiza prueba de hipótesis de T Student considerando que la significancia sea menor a 0.05 y sus resultados darán datos por el cual aceptamos o rechazamos la hipótesis.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

La presente investigación busca evaluar propiedades físicas y mecánicas del concreto, considerando a la diatomita como sustituto parcial del cemento, que se relacionan con su durabilidad, tales como la resistencia a la compresión, permeabilidad y peso unitario; dichas propiedades serán contrastadas respecto aun concreto de composición estándar. Para tal fin, se han elaborado probetas de dimensiones normalizadas (4"x8" y 6"x12") considerando cuatro diseños de mezcla para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.1. Caracterización de los materiales

La primera etapa comprende la determinación de parámetros que se emplearán para el diseño de mezcla para los componentes del concreto, tales como el agregado grueso, agregado fino y cemento.

#### 3.1.1. Caracterización del agregado fino



FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

#### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

##### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA : ASTM C-566  
 PROCEDENCIA : CANTERA SANTA ROSA COLLANAC FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

CONTENIDO DE HUMEDAD	SIMBOLO	M1	M2	M3
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr)	A	500	500	500
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	B	473.82	478.25	469.2
CONTENIDO DE AGUA (gr)		26.18	21.75	30.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	H	5.53	4.55	6.56
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO(%)		5.55		

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso Original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$H = \left( \frac{(A - B)}{B} \right) \times 100$$

Figura 7. Agregado fino, contenido de humedad. Elaboración propia.

### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

#### MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA : NTP 400.018  
PROCEDENCIA : CANTERA SANTA ROSA COLLANAC FECHA : 25/10/2016  
HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr. T.M= 4.76 mm,(N° 4)

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA	P1	500	(gr)
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	471.5	(gr)
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	28.5	(gr)
% QUE PASA LA MALLA N° 200	A	5.70	(%)

$$A = \left( \frac{(P1-P2)}{P1} \right) \times 100$$

Figura 8. Agregado fino, material pasante de la malla N°200. Elaboración propia.

### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA : NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA SANTA ROSA COLLANAC FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 4	0.00	0.0	0.0	100.0	95	100
Nº 8	78.45	15.7	15.7	84.3	80	100
Nº 16	98.45	19.7	35.4	64.6	50	85
Nº 30	112.84	22.6	57.9	42.1	25	60
Nº 50	120	24.0	81.9	18.1	10	30
Nº 100	76.81	15.4	97.3	2.7	2	10
FONDO	13.45	2.7	100.0	0.0		
TOTAL	500.00					

MF = 2.88

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado en los tamices } \left(\frac{3}{8}'' ; \#4 ; \#8 ; \#16 ; \#30 ; \#50 ; \#100\right)}{100}$$

Figura 9. Agregado fino, granulometría. Elaboración propia.

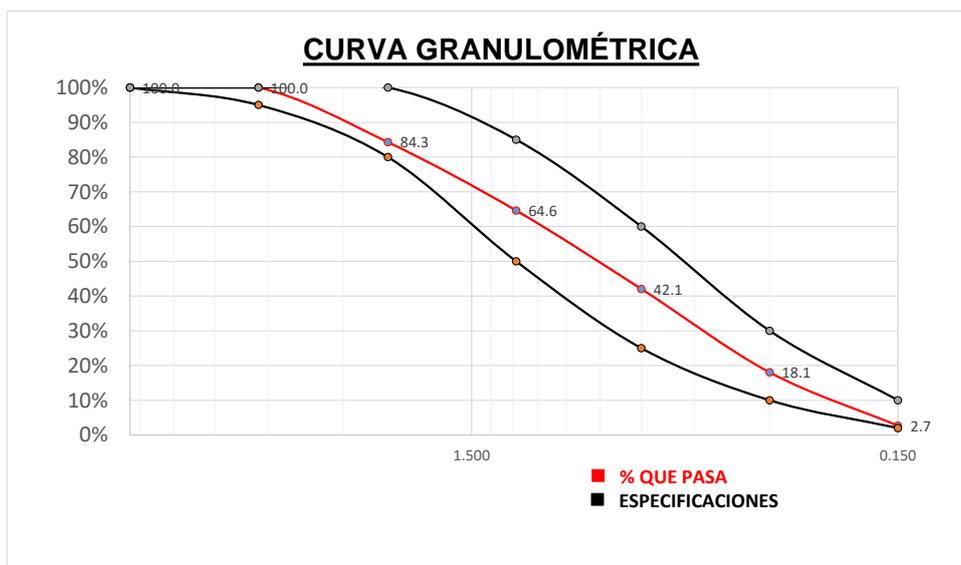


Figura 10. Agregado fino, curva granulométrica. Elaboración propia.

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA NORMA : NTP 400.022  
 PROCEDENCIA : CANTERA SANTA ROSA COLLANAC FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 500 gr.

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA		176.2	gr.
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA		500	gr.
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE FIOLA		676.2	gr.
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE FIOLA + PESO DEL AGUA		995.4	gr.
PESO DEL AGUA	W	319.2	gr.
PESO DE LA ARENA SECA	A	489	gr.
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500	ml.

**1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G)**

$$PESO ESPECIFICO DE MASA (G) = \frac{(A)}{(V - W)}$$

$$G = 2.705 \text{ gr/cm}^3$$

**2. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G<sub>SSS</sub>)**

$$G_{SSS} = \frac{(V)}{(V - W)}$$

$$G_{SSS} = 2.765 \text{ gr/cm}^3$$

Figura 11. Agregado fino, peso específico. Elaboración propia.

**3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G<sub>a</sub>)**

$$G_a = \frac{(A)}{(V - W) - (500 - A)}$$

$$G_a = 2.880 \text{ gr/cm}^3$$

**3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)**

$$a\% = \frac{(500 - A)}{(A)} \times 100$$

$$a\% = 2.25$$

Figura 12. Agregado fino, peso específico. Elaboración propia.

### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : ASTM C-566  
 PROCEDENCIA : CANTERA CIENEGUILLA. FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 5000 gr. (T.M=3/4")

CONTENIDO DE HUMEDAD	SIMBOLO	M1	M2	M3
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr)	A	5000	5000	5000
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	B	4861	4869	4858
CONTENIDO DE AGUA (gr)	A-B	139	131	142
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	H	2.86	2.69	2.92
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO(%)</b>		<b>2.82</b>		

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Peso Original de la muestra} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

$$H = \left( \frac{(A - B)}{B} \right) \times 100$$

Figura 13. Agregado grueso, contenido de humedad. Elaboración propia.

### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

#### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 400.012  
 PROCEDENCIA : CANTERA CIENEGUILLA. FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 12000 gr.

Malla	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0.00	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	0.00	0.0	0.0	100.0		
1"	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	813.60	6.8	6.8	93.2	90	100
1/2"	3497.78	29.1	35.9	64.1	55	78
3/8"	3900.85	32.5	68.4	31.6	20	55
Nº 4	3245.12	27.0	95.5	4.5	0	10
FONDO	542.65	4.5	100.0	0.0	0	0
TOTAL	12000.00					

**TMN: 3/4"**

Figura 14. Agregado grueso, contenido de humedad. Elaboración propia.

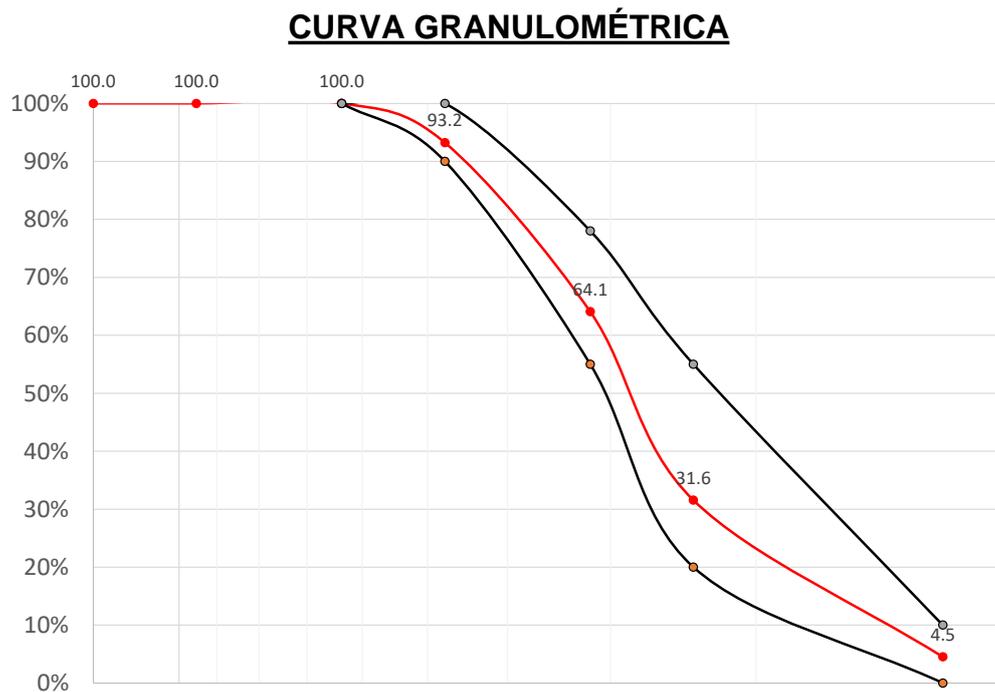


Figura 15. Agregado grueso, curva granulométrica. Elaboración propia.

### LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

#### PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 400.022  
PROCEDENCIA : CANTERA CIENEGUILLA. FECHA : 25/10/2016  
HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 5000 gr.

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	5000	gr.
PESO DE LA PIEDRA SUPERFICIALMENTE SECA DENTRO DEL AGUA + CANASTILLA		3845	gr.
PESO DE LA CANASTILLA DENTRO DEL AGUA		762.3	gr.
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	3245.20	gr.
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	4921.2	gr.

#### 1. PESO ESPECIFICO DE MASA (G)

$$PESO ESPECIFICO DE MASA (G) = \frac{(A)}{(B - C)}$$

$$G = 2.804 \text{ gr/cm}^3$$

#### 2. PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO (G<sub>SSS</sub>)

$$G_{SSS} = \frac{(B)}{(B - C)}$$

$$G_{SSS} = 2.849 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3. PESO ESPECÍFICO APARENTE (G<sub>a</sub>)

$$G_a = \frac{(A)}{(A - C)}$$

$$G_a = 2.936 \text{ gr/cm}^3$$

#### 3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{(B - A)}{(A)} \times 100$$

$$a\% = 1.60$$

Figura 16. Agregado grueso, peso específico y absorción. Elaboración propia.

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO**

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 400.017  
 PROCEDENCIA : CANTERA CIENEGUILLA. FECHA : 25/10/2016  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE		26	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.8	kg
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	Ws	20.2	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		19.7	kg
PESO DEL AGUA	Wa	13.9	kg
FACTOR DE CALIBRACION DEL RECIPIENTE	f	71.9	m-3
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1453	kg/m3

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PUS = f \times W_s$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA + RECIPIENTE		29.1	kg
PESO DEL RECIPIENTE		5.81	kg
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	Wc	22.1	kg
PESO DEL AGUA + RECIPIENTE		19.70	kg
PESO DEL AGUA	Wa	14.07	kg
FACTOR DE CALIBRACION DEL RECIPIENTE	f	71.1	m-3
PESO UNITARIO COMPACTADO	PUC	1571	kg/m3

$$f = \frac{1000}{W_a}$$

$$PUC = f \times W_c$$

Figura 17. Agregado grueso, peso unitario. Elaboración propia.

### 3.2. Diseño de mezcla

Obtenidos los parámetros indicados anteriormente se establecen los requisitos que deberá cumplir el concreto y se procederá según lo indicado por el método ACI 211: Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.

- ✓  $F'c$  28 días = 210 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Condiciones Normales.
- ✓ No se cuenta con información estadística de Dispersión.

#### 3.2.1. Resumen de análisis de los agregados

Procedencia de los agregados:

Agregado fino: Cantera 'Romaña SAC'.

Agregado grueso: Cantera 'Romaña SAC'.

Tabla 16.

*Agregado fino, parámetros para el diseño de mezcla.*

Agregado fino	Valor
Peso específico (G)	2.560 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción (%)	2.00 %
Contenido de humedad (%)	1.00 %
Peso unitario suelto (PUS)	1740 Kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado (PUC)	1850 Kg/m <sup>3</sup>
Módulo de Fineza	2.96

**Nota.** La Tabla 16 muestra los resultados respecto al agregado fino. Autoría propia.

Tabla 17.

*Agregado grueso, parámetros para el diseño de mezcla.*

Agregado grueso	Valor
Peso específico (G)	2.710 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción (%)	1.40 %
Contenido de humedad (%)	0.40 %
Peso unitario suelto (PUS)	1410 Kg/m <sup>3</sup>

Peso unitario compactado (PUC)	1520 Kg/m <sup>3</sup>
Tamaño máximo nominal	3/4"
Peso específico (G)	2.710 g/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción (%)	1.40 %

**Nota.** La Tabla 17 muestra los resultados respecto a agregado grueso. Autoría propia.

Tabla 18.

*Cemento Portland, parámetros para el diseño de mezcla.*

Cemento Tipo 1	Valor
Peso específico (G)	3.11

**Nota.** La Tabla 18 muestra los parámetros del cemento para el diseño de mezcla. Autoría propia.

Tabla 19.

*Diatomita, parámetros para el diseño de mezcla.*

Diatomita (Piura)	Valor
Peso específico (G)	: 2.26

**Nota.** La Tabla 19 muestra el peso específico de la Diatomita. Autoría propia.

Tabla 20.

*Agua, parámetros para el diseño de mezcla.*

Agua potable	Valor
Peso específico (G)	: 1000 Kg/m <sup>3</sup>

**Nota.** La Tabla 20 el peso específico del agua para ser usado en el diseño. Autoría propia.

### 3.2.2. Desarrollo del diseño

*Paso 01: Determinación de la resistencia crítica de diseño ( $f'_{cr}$ )*

Debido a la naturaleza de la investigación no se cuentan con datos estadísticos, por ello se emplea la *Tabla N° 18 Criterios de para la resistencia de diseño.*

Entonces,  $F'_{cr} = 295 \text{ kg/cm}^2$ .

*Paso 02: Establecimiento del Tamaño Máximo Nominal (TMN)*

Entonces, el Tamaño Máximo Nominal que se usará es de 3/4”.

*Paso 03: Determinación del asentamiento (SLUMP)*

Se estableció un concreto de uso en condiciones normales para estructuras tales como muros, pavimentos, zapatas y cimentaciones reforzadas, entonces el SLUMP va a variar de 1” a 3” (75mm a 100 mm).

*Paso 04: Hallar el volumen unitario de agua*

Según la Tabla N° 19. Volumen unitario de agua (L/m<sup>3</sup>), es 205 lt/m<sup>3</sup>.

*Paso 05: Selección del contenido de aire atrapado*

Según la Tabla N° 20. Contenido de aire atrapado, es 2 %.

*Paso 06: Selección de la relación agua-cemento*

Dado que tenemos condiciones normales, solo hallamos a/c por Resistencia, según la Tabla N° 21. Relación agua cemento, e interpolando, tenemos:

$$\begin{array}{r} 250 \text{ _____ } 0.62 \\ 295 \text{ _____ } X \\ 300 \text{ _____ } 0.55 \end{array}$$
$$\frac{250 - 295}{250 - 300} = \frac{0.62 - X}{0.62 - 0.55}$$
$$X = a/c = 0.56$$

*Paso 07: Cálculo del contenido de cemento*

Si  $a/c = 0.56$ , y el Agua = 205 lt, entonces:

$$\frac{238.23}{C} = 0.56$$

Entonces, Cemento = 428.47 Kg.

*Paso 08: Determinación del contenido de agregado grueso*

Para esto, utilizamos la Tabla N° 22. Coeficiente volumétrico del agregado grueso, teniendo en cuenta que:

$$M^{\circ}F^{\circ} \text{ (fino)} = 2.96$$

$$\text{PUC (seco) grueso} = 1520 \text{ Kg/m}^3$$

Factor de volumen:

$$2.80 \text{ _____ } 0.62$$

$$2.96 \text{ _____ } X$$

$$3.00 \text{ _____ } 0.60$$

$$\frac{2.80 - 2.96}{2.80 - 3.00} = \frac{0.62 - X}{0.62 - 0.60}$$

Entonces el Factor de volumen =  $X = 0.60$

Entonces:  $0.60 \times 1520 = 912 \text{ Kg/m}^3$

Finalmente, cantidad de agregado grueso es  $918.08 \text{ Kg/m}^3$ .

*Paso 09: Cálculo de la suma de volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino*

Tabla 21.  
*Volúmenes absolutos.*

Componente	Peso (kg)	Volumen
Agua	238.23/1000	0.238 m <sup>3</sup>
Cemento	428.47/3120	0.137 m <sup>3</sup>
Ag. Grueso	958.31/2804	0.339 m <sup>3</sup>
Aire	2%	0.02 m <sup>3</sup>
		$\sum v$ 0.734 m <sup>3</sup>

**Nota.** La Tabla 21 muestra los valores absolutos de los materiales para el diseño de mezcla. Autoría propia.

*Paso 10: Determinación del volumen absoluto de agregado fino*

Tabla 22.

*Volumen absoluto del agregado fino.*

V.Abs. Ag. Fino	= 1 m <sup>3</sup> - 0.734 m <sup>3</sup>
V.Abs. Ag. Fino	= 0.266 m <sup>3</sup>

**Nota.** La Tabla 22 muestra los volúmenes absolutos del agregado fino. Autoría propia.

*Paso 11: Cálculo del peso en estado seco del agregado fino*

Formula:

$$Vol. abs. (Ag. Fino) = \frac{Peso (Ag. fino)}{P. e \times 1000}$$

$$0.266 = \frac{Peso (Ag. fino)}{2.560 \times 1000}$$

Entonces, Peso Seco del Agregado fino es 680.10 kg/m<sup>3</sup>

*Paso 12: Determinación de los valores de diseño del cemento, agua, aire, agregado fino y grueso por metro cubico de concreto. Presentación del diseño en estado seco.*

Tabla 23.

*Volumen absoluto del agregado fino.*

Componente	Peso por volumen unitario
Cemento	428.47 kg
Agua	238.23 lt
Agr. Fino	680.10 kg
Agr. Grueso	918.08 kg

**Nota.** La Tabla 23 los volúmenes absolutos del agregado fino. Autoría propia.

*Paso 13: Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados*

Tabla 24.

*Corrección del peso de agregados por contenido de humedad.*

Agregado	Peso corregido		
Agr. Fino	680.10	x 1.010	= 686.90 Kg
Agr. Grueso	918.08	x 1.004	= 921.75 Kg

**Nota.** La Tabla 24 muestra la corrección del peso del agregado por humedad. Autoría propia.

Tabla 25.

*Aporte de agua a la mezcla.*

Componente	Humedad	Absorción	Aporte a la mezcla
Agr. Fino	1.00	- 2.00	= -1.00
Agr. Grueso	0.40	- 1.40	= -1.00

**Nota.** La Tabla 25 muestra el aporte de agua a la mezcla. Autoría propia.

Tabla 26.

*Corrección por contenido de humedad en agregados.*

Componente	Cantidad de agua efectiva		
Agr. Fino	680.10	x -1.00	= -6.80 L
Agr. Grueso	918.08	x -1.00	= -9.18 L
	Total		= -15.98 L

**Nota.** La Tabla 26 muestra la corrección del contenido de humedad del agregado. Autoría propia.

$$\text{Agua Efectiva} = 238.23 - (-15.98) = 254.212 \text{ Litros.}$$

*Paso 14: Determinación de la proporción en peso*

Tabla 27.  
*Corrección por contenido de humedad en agregados.*

Componente	Cantidad por metro cúbico	Proporción respecto al cemento
Cemento	428.47 kg	1.0
Agua	254.21 L	25.22 L/saco
Agr. Fino	686.90 Kg	1.6
Agr. Grueso	921.75 Kg	2.2

**Nota.** La Tabla 27 muestra la corrección del contenido de humedad en agregados. Autoría propia.

Tabla 28.  
*Dosificación de los diseños de concreto con adiciones de diatomita.*

Dosificación de diseño de concreto $f'c=210$ Kg/cm <sup>2</sup>				
Componentes	Patrón	Diatomita		
		10%	15%	20%
Cemento	428.5	385.62	364.20	342.78
Agua	254.2	254.21	254.21	254.21
Agr. Fino	686.9	686.90	686.90	686.90
Agr. Grueso	921.8	921.75	921.75	921.75
Diatomita	-	28.84	43.26	57.68

**Nota.** La Tabla 28 muestra la dosificación del diseño de mezcla con adición de diatomita. Autoría propia.

### 3.3. Resistencia a la compresión axial – según NTP-339.034

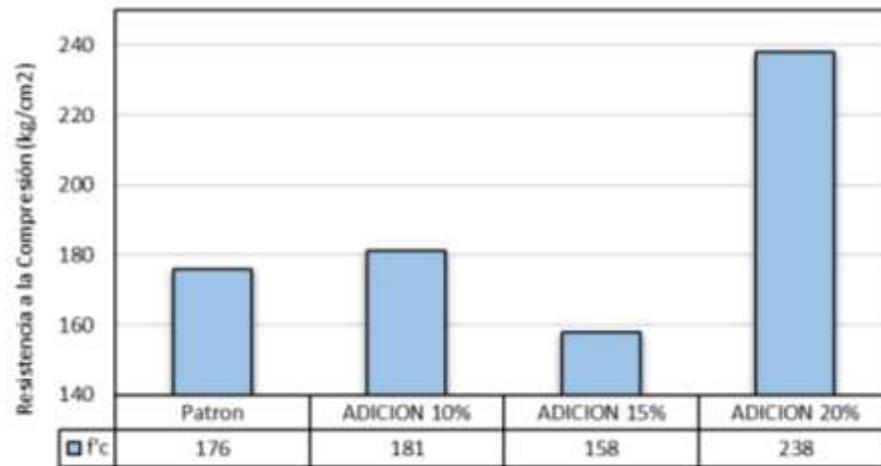


Figura 18. Resistencia a la compresión en probetas de 7 días de edad. Elaboración propia.

Como se aprecia en la Fig. N° 18; los cuatro diseños de mezcla desarrollan una resistencia a la compresión mayor a 147 kg/cm<sup>2</sup>, 70% de la resistencia de diseño. Sin embargo, se puede apreciar que la muestra cuya concentración de diatomita es del 20% supera a las demás pues a temprana edad ha superado la resistencia deseada, obteniendo un resultado equivalente al 113% de la resistencia de diseño. Por otro lado, las muestras que han desarrollado menor resistencia fueron las que poseen concentración del 15% de diatomita como sustituto parcial de cemento, siendo sus resultados incluso menores al de las unidades de concreto convencional.

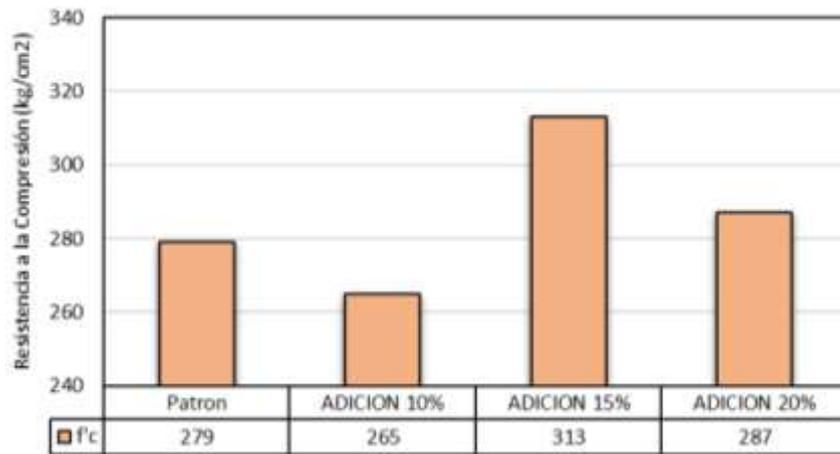


Figura 19. Resistencia a la compresión en probetas de 14 días de edad. Elaboración propia.

La Fig. N°19 evidencia que en los cuatro diseños de mezcla se ha superado la resistencia de diseño. Sin embargo, destaca el diseño con concentración del 15% de diatomita, pues a pesar haber obtenido la menor resistencia a la compresión en los primeros 7 días de edad, inició un acelerado desarrollo de esta propiedad mecánica en los 7 días posteriores, obteniendo un resultado que representa el 149% de la resistencia de diseño. Cabe resaltar que el progreso de la resistencia en las muestras con composición del 20% de diatomita como cementante ha sufrido una disminución pues los resultados obtenidos son similares al de las muestras de concreto convencional.

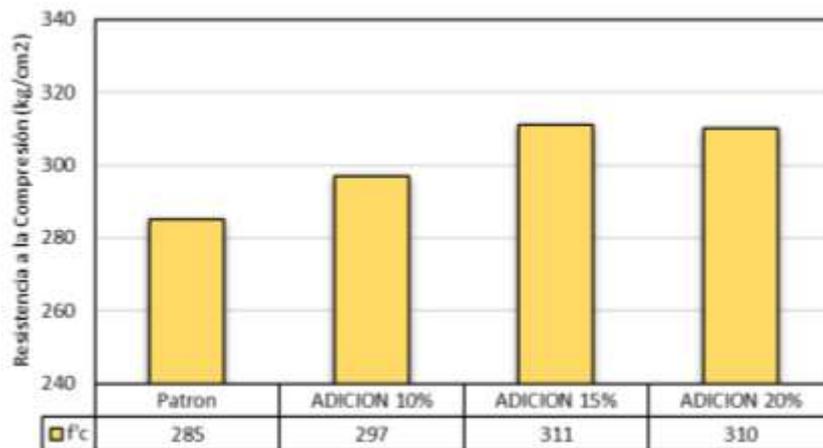


Figura 20. Resistencia a la compresión en probetas de 21 días de edad. Elaboración propia.

La Fig. N° 20 muestra el comportamiento de las probetas que poseen un porcentaje de diatomita como sustituto de cemento, pues estos diseños de mezclas han superado a las unidades de prueba de concreto convencional. Sin embargo, hay que denotar que las probetas que han desarrollado mayor resistencia a la compresión siguen siendo las que poseen 15% de diatomita como reemplazo de cemento, pero no han tenido un desarrollo en la tercera semana de edad. Las unidades con 20% de composición de diatomita mantienen un crecimiento sostenido.

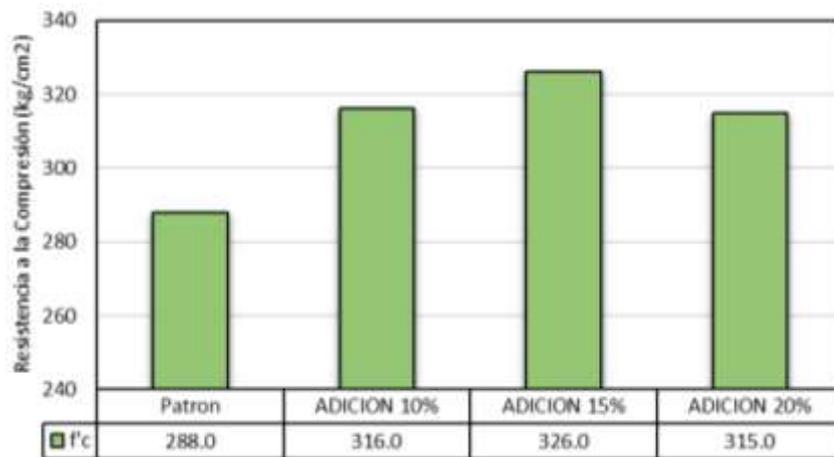


Figura 21. Resistencia a la compresión en probetas de 28 días de edad. Elaboración propia.

Durante la última semana de inspección de la resistencia a la compresión de las unidades de muestra, según se aprecia en la Fig. N° 21, las probetas con 15% de diatomita en sustitución de cemento siguen siendo las que obtienen un mejor resultado respecto a los demás diseños de mezcla, representado por 155% de la resistencia de diseño. También hay que apreciar que tanto para concentraciones del 10% y 20% de diatomita la resistencia final alcanzada es similar y logra exceder en 50% la resistencia para la cual fue diseñada.

De acuerdo a lo expresado en la Tabla N° 46, se aprecia que en el caso de las muestras con 15% de diatomita en reemplazo de cemento se obtiene una resistencia final 13.2% superior a las unidades de concreto sin adición mineral. Un efecto menor se da en las probetas donde se

sustituyó el 10% y 20% del cementante con mineral diatomea, pues superan respectivamente en 9.7% y 9.4% a las muestras de referencia.

Tabla 29.

*Desarrollo de la resistencia a la compresión de las muestras con diseño de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.*

Identificación del concreto	Resistencia a la compresión según edad (kg/cm <sup>2</sup> )				Variación respecto al concreto normal (kg/cm <sup>2</sup> )
	7días	14días	21días	28días	
Normal	176	279	285	288	-
Adición 10%	181	265	297	316	28
Adición 15%	158	313	311	326	38
Adición 20%	238	287	310	315	27

**Nota.** La Tabla 29 muestra el desarrollo de la resistencia del concreto a compresión. Autoría propia.

Respecto a la resistencia de diseño,  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, la Tabla N° 47 expresa el desarrollo porcentual de la resistencia obtenida para cada diseño de mezcla a diferentes edades.

Tabla 30.

*Desarrollo porcentual de la resistencia a la compresión de las muestras con diseño de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>.*

Identificación del concreto	Desarrollo porcentual de la resistencia a la compresión según edad			
	7días	14días	21días	28días
NORMAL	84%	133%	136%	137%
ADICION 10%	86%	126%	141%	150%
ADICION 15%	75%	149%	148%	155%
ADICION 20%	113%	137%	148%	150%

**Nota.** La Tabla 30 muestra el desarrollo porcentual del desarrollo de resistencia de concreto. Autoría propia.

Para establecer una comparación se establece en la Fig. N°22 el desarrollo de las resistencias a la compresión obtenidas para cada diseño.

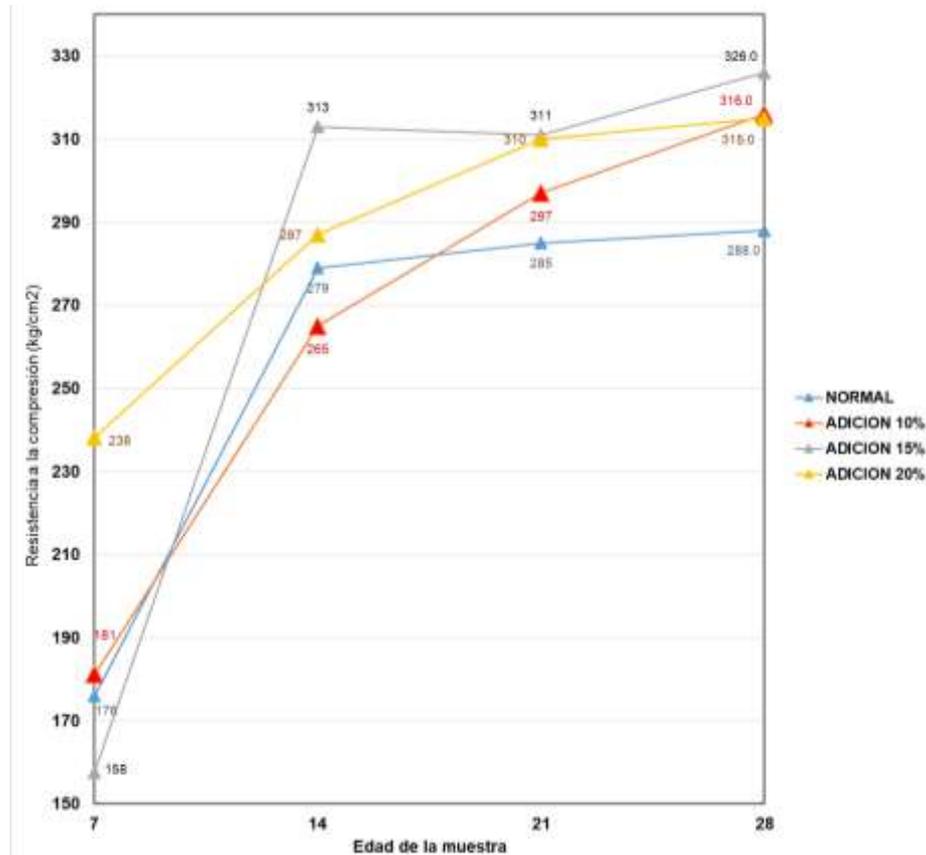


Figura 22. Desarrollo de la resistencia a la compresión ( $f'c$ ) respecto a la edad del concreto (días). Elaboración propia.

### 3.4. Permeabilidad según UNE 12390-8

La evaluación de la permeabilidad fue realizada mediante el ensayo de penetración a presión constante de agua en probetas de concreto de 6 x 12 pulgadas.

La profundidad media de penetración de agua en el concreto patrón es de 71.6 milímetros, para el concreto + adicional de 10% DIATOMITA en peso se obtuvo una profundidad de penetración media de 31.8 mm, para el concreto + adicional de 15% DIATOMITA en peso se adquirió una profundidad de penetración media de 38.6 milímetros y para un concreto de 20 % en peso se alcanzó una profundidad de penetración media de 25.1 milímetros.

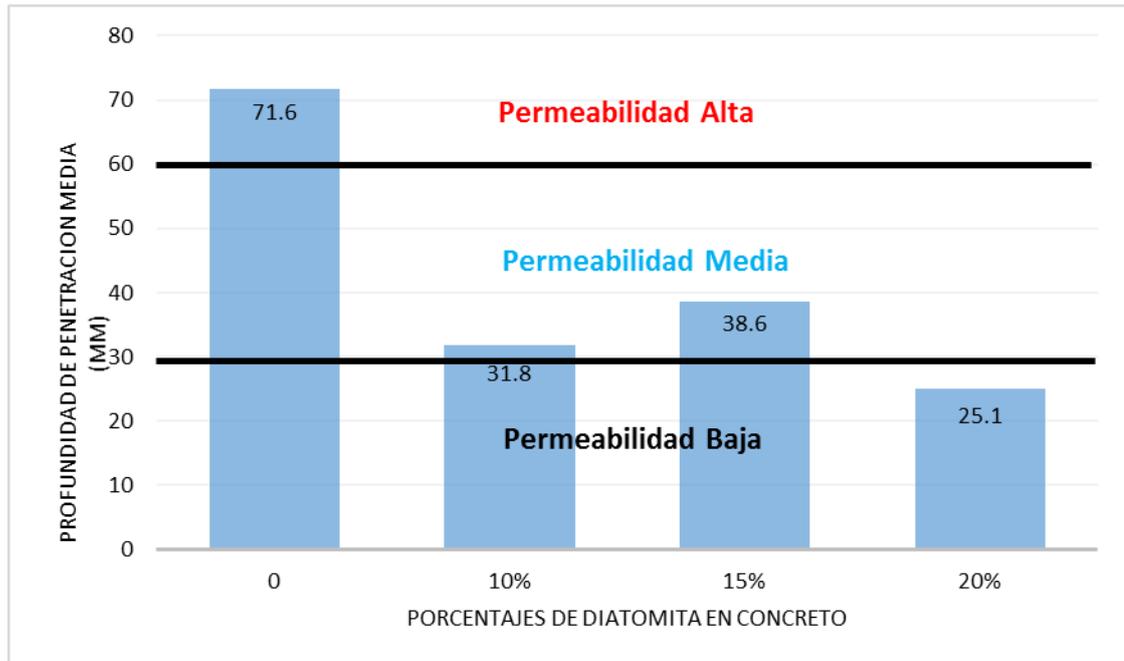


Figura 23. Profundidad de penetración de agua a presión constante en unidades de muestra de concreto (mm).

Con los datos conseguidos se procedió a analizar la información, relacionando la profundidad media de penetración de agua con la propiedad de permeabilidad del concreto mediante la Tabla N° 15 establecida por la norma ICONTEC 1998,

Mediante los resultados que se han obtenido en el ensayo permeabilidad, se determinó que en los tres diseños elaborados con adiciones de DIATOMITA se logró elaborar concretos de permeabilidad media debido a que los valores que se obtuvieron se encuentran dentro del rango establecido en la norma. Esto se debe a que, debido que a las dimensiones de las partículas finas de la DIATOMITA, este material logra ocupar los poros en el concreto y de esta forma el agua encuentra mayor resistencia a la penetración de agua.

Es necesario resaltar que el diseño de concreto + adicional de 20 % de DIATOMITA al peso fue el diseño que obtuvo el menor resultado de penetración media de agua con un valor de 25.1 mm.

### 3.5. Peso Unitario según NTP 339.046

Se logró determinar el peso unitario del concreto, en el cual se estableció que el concreto patrón tenía un peso unitario de 2405 Kg/m<sup>3</sup>, para el concreto + adicional de 10% DIATOMITA en peso se obtuvo un valor de 2379 Kg/m<sup>3</sup>, para el concreto + adicional de 15% DIATOMITA en peso se alcanzó el valor de 2337 Kg/m<sup>3</sup> y para el concreto + adicional de 15% DIATOMITA en peso se obtuvo 2313 Kg/m<sup>3</sup>.

Los datos obtenidos se resumen en la Fig. N° 24, donde se observa que a medida que la concentración de DIATOMITA se incrementa, el peso unitario del concreto disminuye logrando de esta manera que el concreto sea cada vez más liviano.

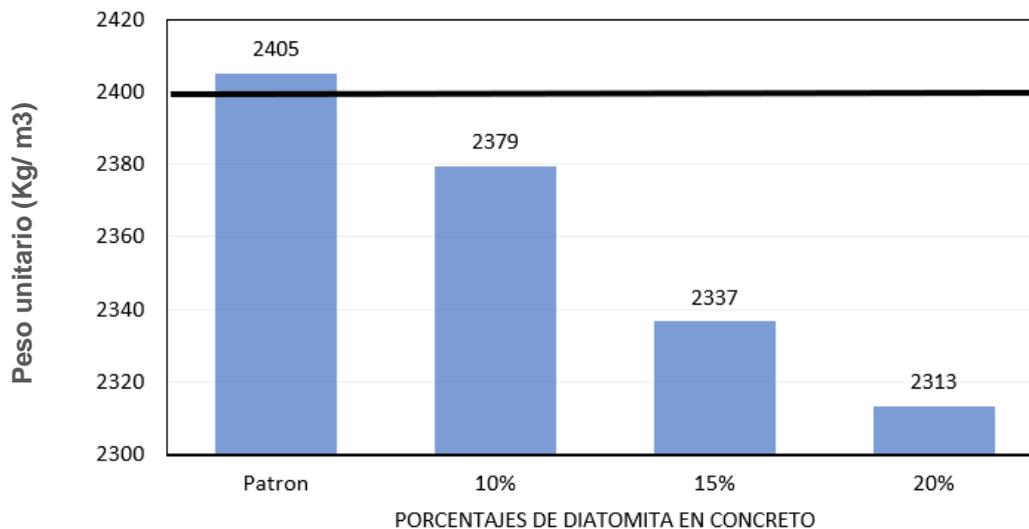


Figura 24. Peso unitario del concreto en las diferentes dosificaciones diseñadas. Elaboración propia.

La adición de DIATOMITA en el concreto se relaciona de manera inversa con el peso del concreto debido a que al reemplazar parcialmente el cemento por DIATOMITA se logra disminuir el peso de este, esto se debe a que el peso específico del cemento (3120 Kg/m<sup>3</sup>) en relación a la DIATOMITA (2100 Kg/m<sup>3</sup>) es mayor.

Tabla 31.  
*Variación de costos con respecto al uso de diatomita.*

Componentes	Patrón	Dosificación de los diseños de concreto		
		10%	15%	20%
Cemento (Kg)	428.47	385.62	364.20	342.78
Agua (Lt)	254.21	254.21	254.21	254.21
Ag. Fino (Kg)	686.90	686.90	686.90	686.90
Ag. Grueso (Kg)	921.75	921.75	921.75	921.75
Diatomita (Kg)	0	28.84	43.26	57.68
Costos s/.	231.88	214.46	205.75	197.04
Ahorro s/.	0.00	17.42	26.13	34.84

**Nota.** La Tabla 31 muestra la variación de costos respecto al uso de la diatomita. Autoría propia.

### 3.6. Validación de Hipótesis

La comprobación de la hipótesis se realizó en función de los resultados obtenidos entre la relación de las muestras patrón y muestras con adiciones de Diatomita en cantidades de 10, 15 y 20% bajo la propiedad mecánica de resistencia a la compresión a través de la prueba estadísticas T Student, haciendo uso de del software IBM-SPSS.

Vale decir que la prueba de Shapiro-Wilks establece la hipótesis nula como la muestra que proviene de una distribución normal. Es decir, si  $p\text{-Valor} \geq 0.05$ , se acepta  $H_0$  concluyendo que los datos tienen distribución normal; por el contrario, si  $p\text{-Valor} < 0.05$ , se acepta  $H_a$  concluyendo que los datos no tienen una distribución normal.

Se realizó el análisis de los resultados de la resistencia a la compresión bajo la prueba de normalidad mediante el programa IBM – SPSS, obteniendo como resultado los datos de la Tabla.

Tabla 32

*Análisis de los resultados de la resistencia a la compresión con adición de diatomita*

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl.	Sig.
Patrón	0.706	21	0.00003
Diatomita 10%	0.768	21	0.00022
Diatomita 15%	0.631	21	0.00000
Diatomita 20%	0.848	21	0.00394

**Nota.** La tabla 32 muestra los resultados obtenidos del análisis elaborado por el programa IBM-SPSS, prueba Shapiro-Wilk.

En base a que todos los valores de la figura 18, 19, 20 y 21 de la sección Shapiro – Wilk todos los datos son menores al alfa de 0.05, se puede afirmar que todos los datos de resistencia a la compresión usando diatomita en 10, 15 y 20% no provienen de una distribución normal.

### 3.6.1. Prueba de hipótesis

Dada la hipótesis general:

El uso de la diatomita en un 20 % de peso como sustituto parcial de cemento mejorará las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto.

#### 3.6.1.1. Se verifica la hipótesis

El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, mejora el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.

- ✓ Ho: El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, no mejora el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.
- ✓ Ha: El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, mejora el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.

Como  $p$ -valor =  $< 0.05$  entonces rechazamos Ho y aceptamos Ha.

Los datos de la Tabla 29 fueron procesados bajo la prueba de Shapiro-Wilk, los resultados hacen referencia a que todas las significancias son menores al alfa de 0.05; y se puede decir que los datos obtenidos de la resistencia a la compresión usando diatomita no provienen de una distribución normal.

Cabe resaltar que la cantidad de muestras de concreto para ensayos de permeabilidad y de peso unitario, no han sido suficientes debido al criterio normativo que ésta la respalda. Por tanto no se ha podido establecer un análisis de distribución normal.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

Según lo indicado por Hernández y Mendoza los aciertos en las investigaciones guardan una relación respecto a la durabilidad que pueden ayudar a manejar una situación respecto a las condiciones de servicio del concreto, pues como se ha visto el uso de la diatomita incorpora en el concreto una mejora en su capacidad durable.

En lo manifestado por Ebensperger y Torrent, la resistencia a la compresión del concreto tiene una relación directa con la durabilidad, manifestando una pasividad respecto al ingreso de agentes en el diseño. La adición de diatomita mejoró los parámetros considerados para el diseño presentado y con esto la vida útil del concreto aumenta, y las disminuciones en el consumo de recursos naturales se reducen.

Según lo indicado por Urday (2015), sus resultados demostraron un incremento en el diseño elaborado con diatomita; sin embargo, su diseño tuvo en su enfoque en la elaboración de bloquetas utilizando 30% de diatomita. Aunque esta investigación utiliza dicho material como parte del agregado tiene un aspecto positivo en el incremento de su resistencia a diferencia de lo investigado ya que se ha utilizado la diatomita como parte de la cantidad de cemento añadido, ambos supuestos reconocen el aporte que la diatomita da al diseño de concreto en lo relacionado a la resistencia.

Según Bustamante (2017), existe una relación directa entre el coeficiente de permeabilidad y la relación a/c otorgado por el diseño de mezclas. Las adiciones de diatomita modifican esta relación incrementando la impermeabilidad que se tiene de acuerdo al diseño elaborado. Ya que la relación a/c obtenida. De la relación obtenida, se deduce que cuanto menor sea, mayor es su resistencia y menor su permeabilidad. Así, de los resultados obtenidos para una relación a/c de 0.56 la penetración de agua en el concreto se ha visto reducida con el uso de la

diatomita. Es evidente que no es necesario la modificación de la relación a/c para obtener mejores resultados en el concreto.

Se observa que la utilización de diatomita en el concreto advierte una posible utilización y expansión de su uso, debido a que ciertas propiedades del concreto son mejoradas sin las cantidades necesarias de cemento, es decir que su producción se verá disminuida y, en consecuencia, habrá un menor impacto ambiental.

#### **4.2. Conclusiones**

Después de haber analizado los resultados se concluye que:

- ✓ El uso de la diatomita en una proporción de 15% de peso, obtuvo a los 28 días una resistencia de 326 Kg/cm<sup>2</sup>, esto significa que superó la resistencia del concreto patrón de 288 Kg/cm<sup>2</sup> en un 18%.
- ✓ El uso de la diatomita en las proporciones de 10, 15 y 20% han demostrado disminuir la permeabilidad del concreto, obteniendo resultados por debajo del concreto patrón, con resultados de 31.8 mm, 38.6 mm y 25.1 mm. Los resultados respecto a la adición de Diatomita en 10 y 15%, logran ubicar al diseño elaborado en la categoría de permeabilidad media; en cambio, el resultado respecto a la adición de Diatomita en un 20%, ubica a este diseño como un concreto de baja permeabilidad.
- ✓ El uso de la Diatomita en una proporción de 20%, logra disminuir el peso unitario del concreto. De por sí todas las proporciones que se han utilizado en el diseño logran disminuir el peso del concreto debido a que el peso específico de la Diatomita es menor con respecto al cemento.

### 4.3. Recomendaciones

- ✓ Continuar con la línea de investigación estudiando las reacciones que puedan generarse con la adición de DIATOMITA en concreto armado.
- ✓ Realizar una investigación enfocada en hallar el porcentaje óptimo para obtener la más alta resistencia a la compresión y la propiedad de permeabilidad.
- ✓ Estudiar el impacto que genera la fabricación de diatomita vs la fabricación de cemento con respecto a la generación de gases nocivos al medio ambiente.
- ✓ De igual manera se recomienda el uso de este tipo de concreto con adiciones parciales de DIATOMITA en losas industriales, pavimentos, tanques de aguas industriales, reservorios, canales y uso general en obras hidráulicas debido a su baja permeabilidad.
- ✓ Debido a que para la elaboración de este concreto se sustituye parte de cemento por DIATOMITA, se recomienda que su empleo sea en ciudades cercanas a los yacimientos del material, debido a que el material es de un costo bajo en su lugar de explotación, pero el flete incrementa de gran medida su precio.

## REFERENCIAS

- American Concrete Institute. (1997). Guide to durable concrete. Detroit.
- American Concrete Institute. (2001). ACI 350 Code requirements for environmental engineering concrete structures and commentary. Michigan: ACI.
- American Concrete Institute. (2002). ACI 211 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. Michigan: ACI.
- American Concrete Institute. (2008). ACI 318-08 Building code requirements for structural concrete and commentary. Michigan: ACI.
- American Society for Testing and Materials. (2015). ASTM C143 Método de Ensayo Normalizado para Asentamiento de Concreto de Cemento Hidráulico. West Conshohocken.
- American Society for Testing and Materials. (2017). ASTM C138 Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento, y Contenido de Aire (Gravimétrico) del Concreto. West Conshohocken.
- American Society for Testing and Materials. (2018). ASTM C39 Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. West Conshohocken.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2001). UNE EN 12390-8 Profundidad de penetración de agua bajo presión. Bruselas: AENOR.
- Astete García, J. L. (2015). Estudio experimental del empleo de la diatomita en la producción de concreto con agregados de Mina Roja, Cunyac y Vicho. Cusco: Febrero.
- BBC Mundo. (17 de Diciembre de 2018). BBC.com. Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>
- Bustamante, I. (2017). Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

- Ebensperger, L., & Torrent, R. (Diciembre de 2010). Scielo.org. Obtenido de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732010000300003](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732010000300003)
- Granda Mesias , I. S., & Plaza Tapia, G. A. (2012). Utilización de lodos residuales de una planta de anodizado de aluminio para la fabricación de ladrillos y adoquines. Ecuador.
- Hernández Castañeda, O., & Mendoza Escobedo, C. J. (Marzo de 2006). Redalyc.org. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/404/40470105.pdf>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (1998). NTC 4483 Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua. Bogotá.
- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2010). Diatomitas en el Perú, características y aplicaciones., (págs. 18-22). Lima.
- Instituto Geólogo, Minero y Metalúrgico. (Mayo de 2017). INGEMMET.gob.pe. Obtenido de [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1507/1/Diaz-Rocas...industriales\\_protec.ambiental.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/1507/1/Diaz-Rocas...industriales_protec.ambiental.pdf)
- Instituto Nacional de Calidad. (2014). NTP 339.047:2014 Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados. Lima: INACAL.
- Instituto Nacional de Calidad. (2014). NTP 339.088:2014 Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Pórtland. Requisitos. Lima.
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). NTP 339.034:2015 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima.
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). NTP 339.035:2015 Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de Cemento Portland. Lima.
- Instituto Nacional de Calidad. (2015). NTP 339:033 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima.
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). NTP 334.005:2018 Método de ensayo para determinar la densidad del cemento Pórtland. Lima.

- Instituto Nacional de Calidad. (2018). NTP 339.046:2018 Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. Lima.
- Instituto Nacional de Calidad. (2018). NTP 400.037:2018 Agregados para concreto. Requisitos. Lima.
- Leandro Espinoza, J. (2010). Evaluación del uso de la diatomita como adición mineral en el concreto de alta resistencia. Lima.
- Ministerio de Energía y Minas. (2019). gob.pe. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/27018-produccion-minera-no-metalica-crecio-mas-de-150-en-la-ultima-decada>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Perú y el cambio climático. Lima: MINAM.
- Ordoñez Malaver , J. K. (2016). Influencia en la resistencia a la compresión axial al sustituir parcialmente cemento portland tipo I por diatomita en un concreto  $f'c= 210 \text{ kg cm}^2$ , 2016. Cajamarca.
- Rivva López, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima: ACI Perú.
- Rodríguez Ríos, J. (2014). Supervisión de concreto en obras. Trujillo: Kaizen.
- Sánchez Stasiw, C. (2008). Estudio experimental del empleo de diatomita. Lima.
- SIKA Group. (s.f.). Concreto impermeable; una mirada reciente. 2013.
- Tagnit Hamou, A., Petrov, N., & Luke, K. (2003). Properties of Concrete Containing Diatomaceous Earth. International Concrete Institute Abstracts Portal.
- Torre Carrillo, A. (2004). Curso básico de Tecnología del Concreto. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Urday, A. (2015). Uso de la Diatomita para la elaboración de bloquetas artesanales de concreto en la ciudad de Arequipa. Universidad católica de Santa María. Arequipa, Perú.
- Yugovich Romero, P. (2014). Vida útil de las estructuras, dónde estamos y hacia dónde vamos. Asunción: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.

Zong, L., & Zhang, S. (2014). Evaluation of Relationship between Water Absorption and.  
Advances in Materials Science and Engineering, 2-9.

## **ANEXOS**

**Anexo N°01. Matriz de consistencia**

<b>FOMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Var. Indep.</b>		<b>Técnicas de recolección</b>
¿Cómo mejorar las propiedades físicas/mecánicas del concreto mediante el uso de diatomita como sustituto parcial del cemento?	Mejorar las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto mediante el uso de diatomita como sustituto parcial de cemento	El uso de la diatomita en un 20 % de peso como sustituto parcial de cemento mejorará las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto.	Concentración de diatomita	-m3 -Kg/m3 -Kg	Cálculo de masa por medio de la densidad de la diatomita.
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Var. Dep.</b>		<b>Instrumentos de recolección</b>
<p>¿La influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% mejorará la resistencia a la compresión del concreto?</p> <p>¿La influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% mejorará la disminución de la permeabilidad del concreto respecto a su valor convencional?</p> <p>¿La concentración de diatomita al 10, 15 y 20 % ayudará a disminuir el peso unitario del cemento respecto a un concreto convencional.?</p>	<p>Determinar la influencia de la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% en la resistencia a la compresión del concreto.</p> <p>Determinar la concentración de diatomita al 10, 15 y 20% en la disminución de la permeabilidad del concreto respecto a su valor convencional.</p> <p>Determinar la concentración de diatomita al 10, 15 y 20 % para disminuir el peso unitario del cemento respecto a un concreto convencional.</p>	<p>El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, mejora el incremento de la resistencia a la compresión del concreto.</p> <p>El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso mejora la impermeabilidad del concreto respecto a un concreto convencional.</p> <p>El uso de la diatomita como sustituto parcial del cemento en una concentración al 20% en peso, disminuye el peso unitario del concreto respecto a un concreto convencional.</p>	<p>Resistencia a la Compresión</p> <p>Permeabilidad del concreto</p> <p>Peso unitario del concreto</p>	-MPa -Kg/cm2 -mm -Kg/m3	<p>Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. NTP 339.034.</p> <p>Método para determinar la profundidad de penetración de agua bajo presión en el concreto. UNE-EN 12390 -8: 2009</p> <p>Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. NTP 339.046.</p>

## Anexo N°02. Ficha técnica de la diatomita. (1/2)



### CIA. MINERA ABASTECEDORA ANDINA S.A.C.

Av. 1ra. De Mayo 2359 - Viamonte Alto  
El Agustino - Lima - Perú  
Teléfonos: 385-0103 / 385-1008  
E-mail: [laboratorio@abastecedoraandina.com](mailto:laboratorio@abastecedoraandina.com)

### FICHA TECNICA

### DIATOMITA

Las diatomitas son rocas sedimentarias silíceas de grano fino, se forma por acumulación sedimentaria de origen biogénico, hasta formar grandes depósitos con un grosor suficiente. Este mineral de origen Peruano cuenta con una buena calidad, basada en ensayos bajo normas.

#### ✦ Especificaciones Técnicas:

Base Química	%
SiO <sub>2</sub>	85.78
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.22
CaO	0.04
MnO	0.01
MgO	0.55
TiO <sub>2</sub>	0.14
Na <sub>2</sub> O	0.26
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.02
K <sub>2</sub> O	0.39
*PXC	8.29

\*PXC: pérdida por calcinación

PROPIEDADES FÍSICAS	ESPECIFICACIONES
Peso Específico	2.1
Dureza (Mohs)	4.5 - 5.0
Aspecto	Polvo
Reactividad	Inerte

## Anexo N°02. Ficha técnica de la diatomita (2/2)

ANALISIS	ESPECIFICACIONES
Humedad	5,00-12,00 %
Contenido de Carbonatos (efervescencia con HCl <sub>10%</sub> )	no presenta
Residuo sobre la malla 400 (38 µm)	0.00 - 0.05 %

### ✦ Presentaciones del producto:

Sacos de polipropileno laminado microporoso con impresión de nuestros logo AA (Abastecedora Andina) en color azul.

### ✦ Aplicaciones:

- Como carga o relleno funcional en las industrias del caucho y plásticos.
- En la industria de la pintura la diatomita es un eficiente extendedor de pigmentos y agentes mateantes.
- Como absorbente en el control de resinas en la fabricación de papel, cartulina y cartón.
- Como carga en las industrias de insecticidas, fertilizantes.
- Abrasivos suaves (abrillantadores de plata y automóviles).

### ✦ Condiciones estables:

Producto química y físicamente estable. Recomendable almacenarse en recintos cerrados y bajo techo para protegerlos de la humedad ambiental y del suelo, para esto se debe apilar sobre parhuelas de madera en su envase original correctamente cocido y cerrado.

*LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD*

**Anexo N°03.** Ensayo de caracterización de materiales para el diseño de Mezcla



FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO	: ARENA GRUESA	NORMA :	NTP 339.185
PROCEDENCIA	: Cantera Romaña S.A.C.	FECHA :	07/02/2019
HECHO POR	: CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ		
PESO DE LA MUESTRA (M1)	: 670.1 g		

CONTENIDO DE HUMEDAD	SIMBOLO	M1
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA (g)	W	670.1
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)	D	663.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	P	1.0

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Masa Original de la muestra} - \text{Masa de muestra seca}}{\text{Masa de muestra seca}} \times 100$$

$$P = \left( \frac{W-D}{D} \right) \times 100$$

**OBSERVACIONES:**

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 339.185 publicada el 07-08-2013, 2° Edicion.

 Supervisor de Laboratorio Ing. Fanny Valdivieso García	 Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso García	 Victor Garcés Díaz INGENIERO CIVIL CIP N° 55411 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
--	--	--

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 339.185  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C. FECHA : 07/02/2019  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 4040.0 g

CONTENIDO DE HUMEDAD	SIMBOLO	M1
MASA DE LA MUESTRA HUMEDA (g)	W	4040.0
MASA DE LA MUESTRA SECA (g)	D	4025.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	P	0.4

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{Masa Original de la muestra} - \text{Masa de muestra seco}}{\text{Masa de muestra seco}} \times 100$$

$$P = \left( \frac{W-D}{D} \right) \times 100$$

OBSERVACIONES:

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 339.185 publicada el 07-08-2013. 2° Edicion.

 Lc. Edika Espinoza Calderín Supervisora de laboratorios Edika Espinoza	 DIRECTORÍA DE INGENIERÍA CIVIL Ing. Fanny Valdivieso García	 Victor Garcés Díaz INGENIERO CIVIL CAP N° 56411 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
---	---	--

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°200

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA  
PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
PESO DE LA MUESTRA (M1) : 663.7 g

NORMA : NTP 400.018  
FECHA : 08/02/2019

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO SECO DE LA MUESTRA	P1	663.7	(gr)
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA	P2	618.5	(gr)
MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200	(P1-P2)	45.2	(gr)
% QUE PASA LA MALLA N° 200	A	6.8	(%)

$$A = \left( \frac{P1 - P2}{P1} \right) \times 100$$

OBSERVACIONES:

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.018 publicada el 26-12-2013. 3° Edicion.

La Norma Tecnica Peruana 400.037 publicada el 30-12-2014. 3° Edicion establece un valor maximo de 5% para material pasante de la malla No. 200.

 Lic. Edika Espinoza Coordinadora de Laboratorio UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Supervisora de laboratorio Edika Espinoza	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A. DIRECCION INGENIERIA CIVIL Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso Garcia	 Victor Garcés Díaz INGENIERO CIVIL CAP N° 56411 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
--	--	--

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
 HECHO POR : CHRISTIAN MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 618.5 gr.

NORMA NTP 400.012 - NTP 400.037  
 FECHA : 08/02/2019

Malla	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
3/8"	0.00		0.0	0.0	100.0	100	100
Nº 4	30.3	30.3	4.9	4.9	95.1	35	100
Nº 8	79.5	79.5	12.9	17.8	82.2	80	100
Nº 16	125.4	125.4	20.3	38.0	62.0	50	85
Nº 30	148.3	148.3	24.0	62.0	38.0	25	60
Nº 50	115.7	115.7	18.7	80.8	19.2	10	30
Nº 100	75.1	75.1	12.1	92.9	7.1	2	10
FONDO	43.9	43.9	7.1	100.0	0.0		
TOTAL	618.2	618.5					

**MF = 2.96**

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado en los tamices } \left(\frac{3}{8}''; \#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100\right)}{100}$$



**OBSERVACIONES:**

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.012 publicada el 16-01-2013. 3ª Edicion y Norma Tecnica Peruana 400.037 publicada el 30-12-2014. 3ª Edicion .

 Lic. Erika Espinoza Coordinadora de Laboratorio Supervisora de laboratorio Erika Espinoza	 DIRECCIÓN INGENIERIA CIVIL Ing. Fanny Valdivieso García	 Victor Garcés Díaz INGENIERO CIVIL CIP N° 55411 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
--	--	---



FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 4025.0 g

NORMA : NTP 400.012  
 FECHA : 08/02/2019

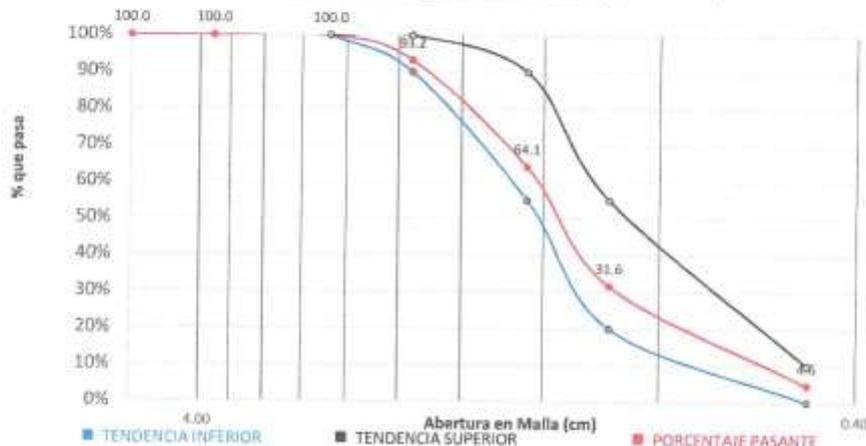
Malla	Peso Retenido (g)	Peso Retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones	
2"	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	90	100
3/4"	272.2	272.7	6.8	6.8	93.2	90	100
1/2"	1169.6	1171.1	29.1	35.9	64.1	55	90
3/8"	1305.2	1306.7	32.5	68.4	31.6	20	55
Nº 4	1087.9	1089.4	27.1	95.4	4.6	0	10
FONDO	182.4	183.9	4.6	100.0	0.0	0	5
TOTAL	4017.3	4025.0					

TMN: 3/4"

MF: 6.7

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado en los tamices } (1 \frac{1}{2}"; 3"; 3"; \#4; \#8; \#16; \#30; \#50; \#100)}{100}$$

CURVA GRANULOMÉTRICA (Huso 67)



OBSERVACIONES:  
 Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Técnica Peruana 400.012 publicada el 16-01-2013, 3ª Edición y Norma Técnica Peruana 400.037 publicada el 30-12-2014, 3ª Edición .

 Supervisora de laboratorio Edika Espinoza	 Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso García	 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
--	---	--

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 1000.0 g

NORMA : NTP 400.022  
 FECHA : 13/02/2019

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA FIOLA + AGUA 500 ml	B	683.5	g
PESO DE MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	S	500.0	g
PESO DE LA ARENA SUPERFICIALMENTE SECA + PESO DE FIOLA + PESO DEL AGUA	C	971.8	g
PESO DE LA ARENA SECA	A	490.2	g
VOLUMEN DE LA FIOLA	V	500.0	ml.

1. Densidad Relativa (gravedad específica) (OD)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA} = \frac{(A)}{(B+S-C)}$$

$$\text{OD} = 2.56$$

2. Densidad Relativa (gravedad específica) (SSD)

$$\text{DENSIDAD RELATIVA} = \frac{(S)}{(B+S-C)}$$

$$\text{SSD} = 2.61$$

3. Densidad Relativa Aparente (gravedad específica aparente)

$$G_a = \frac{(A)}{(B+A-C)}$$

$$G_a = 2.69$$

3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{(S-A)}{(A)} \times 100$$

$$a\% = 2.0$$

OBSERVACIONES:

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.022 publicada el 26-12-2013. 3° Edición.

 <p>Supervisora de laboratorio Edika Espinoza</p>	 <p>Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso Garcia</p>	 <p>Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz</p>
--	---	--

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO ESPECÍFICO (DENSIDAD) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA NORMA : NTP 400.021  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C. FECHA : 13/02/2019  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 3073.8 g

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	B	3074.2	g
PESO DE LA MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	C	1956.0	g
PESO DE LA MUESTRA SECA	A	3032.0	g

1. Densidad Relativa (Gravedad Especifica) (OD)

$$Densidad\ Relativa\ (OD) = \frac{(A)}{(B - C)}$$

OD= 2.71

2. Densidad Relativa (gravedad especifica) (SSD)

$$Densidad\ Relativa\ (SSD) = \frac{(B)}{(B - C)}$$

SSD= 2.75

3. Densidad Relativa Aparente (gravedad especifica aparente)

$$G_a = \frac{(A)}{(A - C)}$$

Ga= 2.82

3. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (a%)

$$a\% = \frac{(B-A)}{(A)} \times 100$$

a% = 1.4

OBSERVACIONES:

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.021 publicada el 26-12-2013. 3° Edicion.

 <p>L.C. Edika Espinoza Coordinadora de Laboratorio Ingeniera Civil UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>Supervisora de laboratorio Edika Espinoza</p>	 <p>DIRECCIÓN INGENIERIA CIVIL UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</p> <p>Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso Garcia</p>	 <p>Victor Garcés Diaz INGENIERO CIVIL CIP N° 56411</p> <p>Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Diaz</p>
---	--	---

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

**PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO**

TIPO DE AGREGADO : ARENA GRUESA  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 5.5 kg

NORMA : NTP 400.017  
 FECHA : 14/02/2019

**A.- PESO UNITARIO SUELTO**

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD			UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE	G	6.47	6.47	6.43	kg
PESO DEL RECIPIENTE	T	1.64			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	V	0.002776			m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1739.9	1739.9	1725.5	kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO (promedio)	PUS	1740			kg/m <sup>3</sup>

$$PUS = \frac{(G-T)}{V}$$

**B.- PESO UNITARIO COMPACTADO**

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD			UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE	G	6.76	6.76	6.79	kg
PESO DEL RECIPIENTE	T	1.64			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	V	0.002776			m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	PUC	1844.4	1844.4	1855.2	kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO (promedio)	PUC	1850			kg/m <sup>3</sup>

$$PUC = \frac{(G-T)}{V}$$

**OBSERVACIONES:**

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.017 publicada el 02-02-2011, 3° Edición.

 <p>Lic. Edika Espinoza                  Coordinadora de Laboratorio                  Universidad Privada del Norte S.A.C.</p> <p>Supervisora de laboratorio Edika Espinoza</p>	 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.                  DIRECCION INGENIERIA CIVIL</p> <p>Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso Garcia</p>	 <p>Victor Garcés Díaz                  INGENIERO CIVIL                  CIP N° 56411</p> <p>Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz</p>
--	---	---

LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

TIPO DE AGREGADO : PIEDRA CHANCADA  
 PROCEDENCIA : Cantera Romaña S.A.C.  
 HECHO POR : CHRISTIAM MIGUEL VARGAS GRANDEZ  
 PESO DE LA MUESTRA (M1) : 16.13 kg

NORMA : NTP 400.017  
 FECHA : 14/02/2019

A.- PESO UNITARIO SUELTO

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD			UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE	G	17.99	18.01	17.88	kg
PESO DEL RECIPIENTE	T	4.77			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	V	0.009388			m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	PUS	1412.7	1414.8	1400.9	kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO (promedio)	PUS	1410			kg/m <sup>3</sup>

$$PUS = \frac{(G-T)}{V}$$

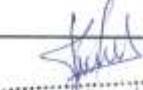
B.- PESO UNITARIO COMPACTADO

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD			UNIDAD
PESO DE LA MUESTRA SUELTA + RECIPIENTE	G	18.96	18.96	19	kg
PESO DEL RECIPIENTE	T	4.77			kg
VOLUMEN DEL RECIPIENTE	V	0.009388			m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	PUC	1516.3	1516.3	1520.6	kg/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO (promedio)	PUC	1520			kg/m <sup>3</sup>

$$PUC = \frac{(G-T)}{V}$$

**OBSERVACIONES:**

Este ensayo fue realizado siguiendo los procedimientos y formulas establecidas en la Norma Tecnica Peruana 400.017 publicada el 02-02-2011. 3° Edicion.

 Lic. Edika Espinoza Causa Coordinadora de Lab. de Ing. Civil UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE Supervisora de laboratorio Edika Espinoza	 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. DIRECCION INGENIERIA CIVIL Directora de Ingeniería Civil Ing. Fanny Valdivieso Garcia	 Victor Garcés Díaz INGENIERO CIVIL CP N° 55411 Asesor de Tesis Ing. Victor Garcés Díaz
---	--	---

**Anexo N°04.** Ensayos de rotura de probetas

*Resistencia a la compresión en probetas de 7 días de edad.*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez      NTP      339.034 - ASTM C39  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos              F'c              210 Kg/cm2

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
A-1	27/02/2019	06/03/2019	7	10.3	83.32	14560	175	83%	2
A-2	27/02/2019	06/03/2019	7	10.3	81.71	13450	165	78%	3
A-3	27/02/2019	06/03/2019	7	10.2	81.71	15610	188	90%	2
Promedio							176	83.80%	

B-1	28/02/2019	07/03/2019	7	10.2	81.71	13980	170	81%	5
B-2	28/02/2019	07/03/2019	7	10.2	81.71	14840	182	86%	4
B-3	28/02/2019	07/03/2019	7	10.1	80.12	16348	190	91%	2
Promedio							181	85.25%	

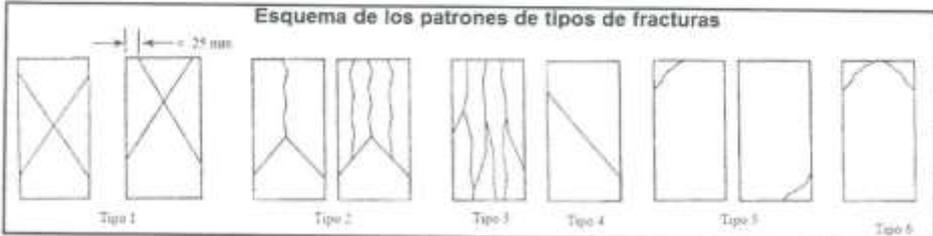
  

C-1	28/02/2019	07/03/2019	7	10.3	81.71	12983	159	78%	4
C-2	28/02/2019	07/03/2019	7	10.3	83.32	12391	149	71%	5
C-3	28/02/2019	07/03/2019	7	10.3	83.32	13779	165	79%	2
Promedio							158	75.07%	

D-1	05/03/2019	12/03/2019	7	10.0	78.54	17803	227	188%	5
D-2	05/03/2019	12/03/2019	7	10.1	80.12	26219	252	126%	4
D-3	05/03/2019	12/03/2019	7	10.0	78.54	18490	235	112%	5
Promedio							238	113.41%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**



**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILLOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2016 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2016.



Supervisora de Laboratorio  
Erika Espinoza



Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivieso



Asesor de Tesis  
Ing. Víctor Garcés Díaz

*Resistencia a la compresión en probetas de 14 días de edad.*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería CIVIL

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez      NTP      339.034 - ASTM C39  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos              Fc      219 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
A-4	27/02/2019	13/03/2019	14	10.1	80.12	22682	283	135%	5
A-5	27/02/2019	13/03/2019	14	10.1	80.12	23485	293	140%	4
A-6	27/02/2019	13/03/2019	14	10.1	80.12	20923	261	124%	4
Promedio							279	132.84%	

B-4	26/02/2019	14/03/2019	14	10.1	80.12	22812	275	131%	1
B-5	26/02/2019	14/03/2019	14	10.1	80.12	20138	251	120%	5
B-6	26/02/2019	14/03/2019	14	10.2	81.71	21860	268	127%	5
Promedio							265	125.97%	

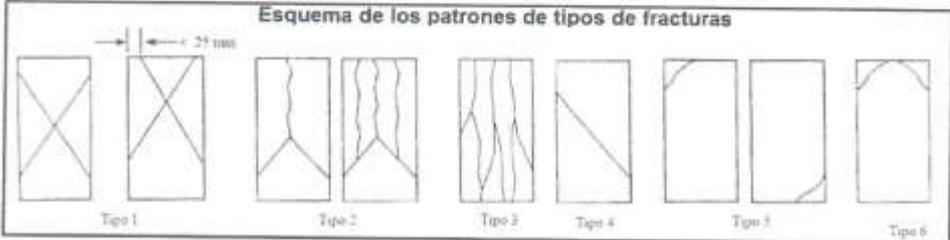
  

C-4	20/02/2019	14/03/2019	14	10.1	80.12	20455	259	127%	4
C-5	20/02/2019	14/03/2019	14	10.1	80.12	24883	311	148%	5
C-6	20/02/2019	14/03/2019	14	10.0	78.54	23523	300	143%	2
Promedio							313	148.25%	

D-4	05/03/2019	18/03/2019	14	10.1	80.12	22865	285	136%	2
D-5	05/03/2019	18/03/2019	14	10.1	80.12	23071	288	137%	3
D-6	05/03/2019	18/03/2019	14	10.0	78.54	22563	287	137%	5
Promedio							287	136.59%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**



**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILLOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2016.



Supervisora de laboratorio  
Edika Espinoza



Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivieso



Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

*Resistencia a la compresión en probetas de 21 días de edad*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos

NTP 339.034 - ASTM C39  
F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
A-7	27/02/2019	20/03/2019	21	10.1	80.12	23142	276	132%	5
A-8	27/02/2019	20/03/2019	21	10.1	80.12	22422	280	133%	5
A-9	27/02/2019	20/03/2019	21	10.1	80.12	23930	299	142%	2
Promedio:							285	135.70%	

B-7	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	24015	300	143%	4
B-8	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	24147	301	144%	4
B-9	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	23171	289	138%	3
Promedio:							297	141.32%	

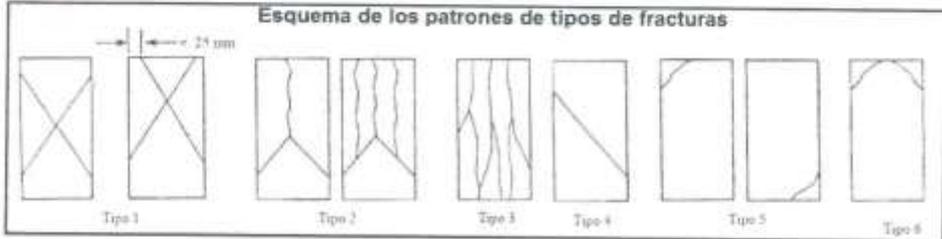
  

C-7	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	25105	313	149%	3
C-8	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	24912	311	148%	4
C-9	28/02/2019	21/03/2019	21	10.1	80.12	24827	310	148%	2
Promedio:							311	148.28%	

D-7	05/03/2019	26/03/2019	21	10.2	81.71	25231	300	147%	3
D-8	05/03/2019	26/03/2019	21	10.2	81.71	24633	301	144%	4
D-9	05/03/2019	26/03/2019	21	10.1	80.12	25646	320	152%	5
Promedio:							310	147.66%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**



**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILLOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2018.

Supervisora de laboratorio  
Edika Espinoza

Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivia García

**Victor Garcés Díaz**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 58411  
Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

*Concreto Convencional: Resistencia a la compresión en probetas de 28 días de edad*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

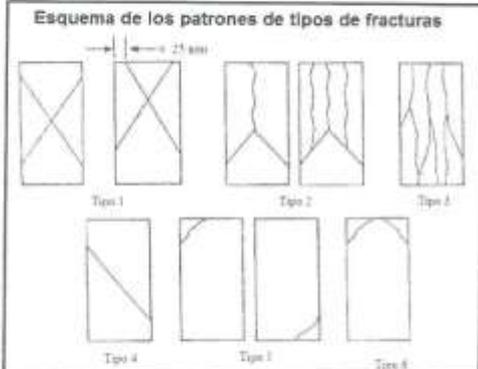
**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos

NTP 339.034 - ASTM C39  
F'c 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
A-10	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	22047	288	137%	3
A-11	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	22120	278	131%	3
A-12	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	24711	308	147%	3
Promedio 1							291	138.44%	
A-13	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	22245	278	132%	5
A-14	27/02/2019	27/03/2019	28	10.3	83.32	24092	289	138%	3
A-15	27/02/2019	27/03/2019	28	10.2	81.71	22584	278	132%	3
Promedio 2							281	133.84%	
A-16	27/02/2019	27/03/2019	28	10.2	81.71	23642	289	138%	4
A-17	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	21438	268	127%	3
A-18	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	23408	293	139%	3
Promedio 3							283	134.78%	
A-19	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	22602	282	134%	3
A-20	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	24038	300	143%	3
A-21	27/02/2019	27/03/2019	28	10.1	80.12	24200	306	146%	3
Promedio 4							296	140.96%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**



Promedio 1	291	138.44%
Promedio 2	281	133.84%
Promedio 3	283	134.78%
Promedio 4	296	140.96%
Promedio	288	137.00%

**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILLOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2016.



Supervisora de laboratorio  
Edika Espinoza



Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivieso



Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

*Concreto con sustitución del 10% de diatomita: Resistencia a la compresión en probetas  
de 28 días de edad*

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christiam M. Vargas Grandes  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos

NTP 339.034 - ASTM C39  
F<sub>c</sub> 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
B-10	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25873	324	154%	4
B-11	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26586	332	158%	2
B-12	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25694	320	152%	5
Promedio 1							325	154.88%	
B-13	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25138	314	148%	4
B-14	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26615	320	152%	2
B-15	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25721	286	141%	1
Promedio 2							310	147.55%	
B-16	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25997	324	155%	1
B-17	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26695	321	153%	2
B-18	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26208	316	150%	2
Promedio 3							320	152.45%	
B-19	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	24588	307	148%	2
B-20	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25408	317	151%	2
B-21	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	24801	300	143%	2
Promedio 4							308	146.62%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**

Promedio 1	325	154.88%
Promedio 2	310	147.55%
Promedio 3	320	152.45%
Promedio 4	308	146.62%
Promedio	316	150.37%

**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILLOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2016.

Supervisora de laboratorio  
Edika Espinoza

Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivieso

**Victor Garcés Díaz**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 55411  
Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

*Concreto con sustitución del 15% de diatomita: Resistencia a la compresión en probetas  
de 28 días de edad*

UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos

NTP 339.034 - ASTM C39  
Fc 210 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
C-10	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25211	315	150%	5
C-11	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26279	328	158%	4
C-12	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26284	328	158%	3
Promedio 1							324	154.10%	
C-13	28/02/2019	28/03/2019	28	10.2	81.71	26822	329	157%	3
C-14	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	26924	325	155%	5
C-15	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	27718	346	163%	3
Promedio 2							333	158.79%	
C-16	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25914	326	156%	3
C-17	28/02/2019	28/03/2019	28	10.2	81.71	25654	314	150%	3
C-18	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25863	323	154%	3
Promedio 3							324	154.39%	
C-19	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	25040	313	149%	3
C-20	28/02/2019	28/03/2019	28	10.2	81.71	24836	304	145%	5
C-21	28/02/2019	28/03/2019	28	10.1	80.12	27968	348	166%	2
Promedio 4							322	153.29%	

Promedio 1	324	154.10%
Promedio 2	333	158.79%
Promedio 3	324	154.39%
Promedio 4	322	153.29%
Promedio	326	155.14%

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**

**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2016.

Supervisora de laboratorio  
Edika Espinoza

Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivieso

**Victor Garcés Díaz**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 55411  
Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

*Concreto con sustitución del 20% de diatomita: Resistencia a la compresión en probetas  
de 28 días de edad*

UNIVERSIDAD  
PRIVADA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de Ingeniería Civil

**LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE CONCRETO**

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO**

Elaborado por : Christian M. Vargas Grandez      NTP      339.034 - ASTM C39  
Ubicación : Lima - Lima - Los Olivos      Fc      210 Kg/cm<sup>2</sup>

Identificación Testigo	Fecha de Elaboración	Fecha de Ensayo	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
D-10	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	34581	397	149%	5
D-11	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	24613	307	148%	4
D-12	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	20338	329	157%	3
Promedio 1							314	149.64%	
D-13	05/03/2019	02/04/2019	28	10.2	81.71	34884	302	144%	5
D-14	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	25831	322	154%	3
D-15	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	29437	330	157%	2
Promedio 2							318	151.46%	
D-16	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	35852	323	154%	3
D-17	05/03/2019	02/04/2019	28	10.2	81.71	27030	331	158%	5
D-18	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	24253	303	144%	3
Promedio 3							319	151.85%	
D-19	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	25174	314	150%	3
D-20	05/03/2019	02/04/2019	28	10.2	81.71	24309	297	142%	3
D-21	05/03/2019	02/04/2019	28	10.1	80.12	25121	314	149%	3
Promedio 4							308	146.87%	

**Esquema de los patrones de tipos de fracturas**

Promedio 1	314	149.64%
Promedio 2	318	151.46%
Promedio 3	319	151.85%
Promedio 4	308	146.87%
Promedio	315	149.96%

**OBSERVACIONES:**

- El curado de los testigos ha sido efectuado en una poza de curado con humedad y temperatura controlada en conformidad con la norma NTP 339.183.2013, manteniendo las condiciones de curado estandarizadas establecidas por la Norma ASTM C31/C31M-12 hasta el momento de su ensayo.
- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca FORNEY, modelo F-25EX-F-CPILOT, serie 11085, con capacidad de 250000-LBS, con certificado de calibración fechada 07/08/2018 hasta 07/08/2019 en conformidad con la norma NTP 339.034.2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron pads de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216.2015.

Supervisora de laboratorio  
Erika Espinoza

Directora de Ingeniería Civil  
Ing. Fanny Valdivia

Asesor de Tesis  
Ing. Victor Garcés Díaz

**Anexo N°05.** Ensayo de permeabilidad en probetas de concreto



**ENSAYO DE PERMEABILIDAD**

**(UNE-EN 12390-8: 2009 1° modificación)**

Ecuaciones:

$$A_{pf} = (A_p \times M_{pf}) / M_p$$

$$A_p = h \times d$$

$$P_m = A_{pf} / d$$

$$P_m = (h \times M_{pf}) / M_p$$

Donde:

$A_{pf}$	es el área del frente de penetración, en $\text{mm}^2$ .
$d$	es el diámetro o arista nominal de la probeta, en mm.
$P_m$	es la profundidad media de penetración, en mm.
$A_p$	es el área del papel empleado en el método recomendado para la determinación del área encerrada por el frente de penetración, en $\text{mm}^2$ .
$M_p$	es la masa del papel empleado en el método recomendado, en g.
$M_{pf}$	es la masa del papel cortado empleado en el método recomendado que representa la forma del frente de penetración, en g.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
www.sika.com.pe  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070



**MUESTRAS ENSAYADAS EN EL EQUIPO DE PERMEABILIDAD**



**PESADO DEL PAPEL SE LA SECCION TOTAL 15X15cm**



Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
www.sika.com.pe  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070

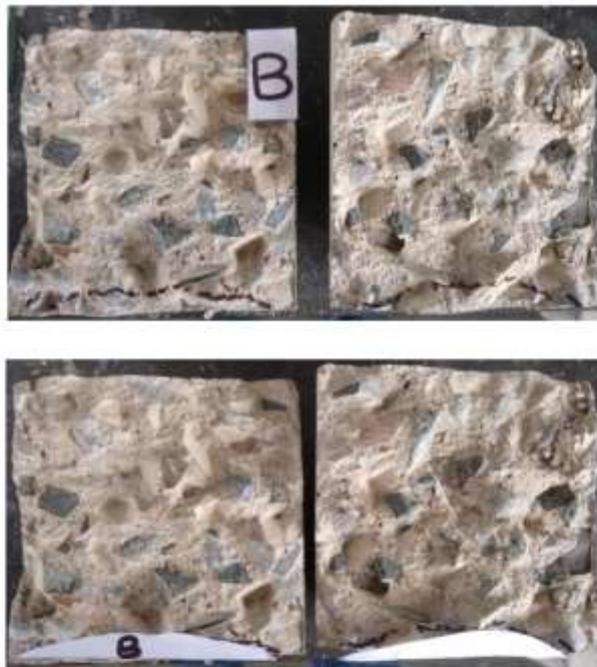


Peso= 1.787 gr

Código: A



Código: B1



Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070



Código: B2



Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070



Código: C1



Código: C2



Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070



Código: D1



Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurín, Lima.  
[www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe)  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070



**CUADRO RESUMEN DE ENSAYO**

<i>CÓDIGO</i>	<i>d(mm)</i>	<i>h(mm)</i>	<i>Ap=dch</i>	<i>Mpf (g)</i>	<i>Mp (g)</i>	<i>Apf</i>	<i>Pm (mm)</i>
A1	150	150	22500	0.856	1.787	10777.84	71.9
A2	150	150	22500	0.850	1.787	10702.29	71.3
B1	150	150	22500	0.365	1.787	4592.12	30.6
B2	150	150	22500	0.392	1.787	4939.42	32.9
C1	150	150	22500	0.445	1.787	5593.87	37.3
C2	150	150	22500	0.475	1.787	5987.25	39.9
D1	150	150	22500	0.306	1.787	3849.19	25.7
D2	150	150	22500	0.293	1.787	3692.14	24.6

Osmar Valverde  
Ingeniero de Producto  
Sika Perú S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurin, Lima.  
www.sika.com.pe  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070

**Anexo N°06.** Constancia de elaboración de ensayo de permeabilidad del concreto realizado  
en los laboratorios de la empresa SIKA.

CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DE ENSAYO UNE-EN 12390-8 / LEM SIKA PERU S.A.C.



### CERTIFICADO

Mediante el presente documento, certificamos que el Sr. Christiam Miguel Vargas Grandez con DNI 47042159, ha realizado el ensayo: "Profundidad de penetración de agua bajo presión mediante la Norma UNE-EN 12390 -8: 2009", correspondiente a la elaboración de la Tesis que lleva como nombre: " **Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas relacionadas con la durabilidad del concreto, mediante el uso de diatomita como sustituto parcial de cemento LIMA -2019**" en las instalaciones del Laboratorio de Ensayos de Materiales (LEM) en el Área de Concreto en las Instalaciones de la Planta de Sika Perú SAC.

Lima, 25 de Setiembre del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Osmar Valverde".

Osmar Valverde  
Ingeniero de Producto  
Sika Perú S.A.C.

Habilitación Industrial El Lúcumo Mz "B" Lote 6, Lurin, Lima.  
www.sika.com.pe  
Telf: +5116186060 Fax: +5116186070

**Anexo N°07.** Certificado de calibración de equipos – Universidad Priva del Norte



**Anexo N°08. Panel fotográfico**

**ENSAYOS DE LABORATORIO**



Figura 25. Cuarteo y separación de las cantidades necesarias para los ensayos A. G. Fuente propia.



Figura 26. Cuarteo y separación de las cantidades necesarias para los ensayos A. F. Fuente propia.



Figura 27. Colocación de muestras en el horno. Fuente propia.



Figura 28. Proceso para determinar la granulometría de los agregados. Fuente propia.



*Figura 29* Colocación del agregado en las mallas. Fuente propia.



*Figura 30* Proceso de ensayo para determinar el específico del agregado fino. Fuente propia.



*Figura 31* Secado del agregado fino para determinar su peso específico. Fuente propia.



*Figura 32* Apisonado del agregado fino en el cono para determinar su cantidad que será usada en el ensayo. Fuente propia.



*Figura 33* Muestras compactada ara determinar su peso específico. Fuente propia.



*Figura 39* Colocación del agregado fino en el picnómetro para determinar el peso específico. Fuente propia.



*Figura 35* Determinación del peso específico del agregado grueso. Fuente propia.



*Figura 34* Determinación del peso unitario de los agregados Fuente propia.



*Figura 38* Preparación de los materiales para la elaboración de la mezcla. Fuente propia.



*Figura 37* Ensayo de slump para verificar la consistencia de la mezcla. Fuente propia.



*Figura 36* Colocación de la mezcla en los moldes de concreto. Fuente propia.



Figura 41 Verificación del asentamiento del concreto. Fuente propia.



Figura 40 Verificación del peso unitario del concreto usando diatomita. Fuente propia.



Figura 44 Colocación de las probetas de concreto en una piscina para su curado. Fuente propia.



Figura 43 Muestras de concreto para realizar ensayos de rotura. Fuente propia.



Figura 42 Equipo para determinar la resistencia a la compresión del concreto. Fuente propia.



*Figura 48* Probeta de concreto después de ser sometida a compresión. Fuente propia.



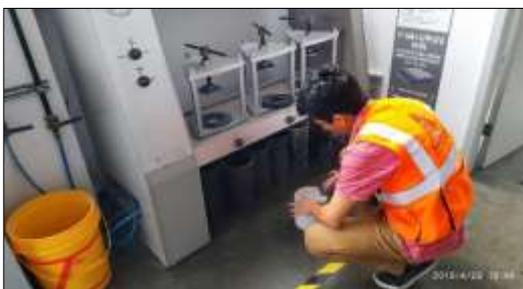
*Figura 47* Probeta de concreto después de ser sometida a compresión. Fuente propia.



*Figura 46* Muestras de concreto después de ser sometidas a compresión. Fuente propia.



*Figura 45* Muestras de concreto para realizar ensayos de permeabilidad. Fuente propia,



*Figura 49* Preparación del equipo de permeabilidad. Fuente propia.



*Figura 51* Preparación de la superficie que tendrá contacto con la presión constante del equipo. Fuente propia.



*Figura 50* Equipo de permeabilidad. Fuente propia.



*Figura 53* Colocación de la muestra de concreto en el equipo de permeabilidad. Fuente propia.



*Figura 52* Muestras de concreto después de ser sometidos ensayos de permeabilidad. Fuente propia.