



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

“PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO  $f'c = 210$  KG/CM<sup>2</sup> UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE ADITIVO PLASTIFICANTE, CAJAMARCA, 2016.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Tatiana Enet Abanto Cabellos

**Asesor:**

Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero

Cajamarca – Perú

2016

## APROBACIÓN DE LA TESIS

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Tatiana Enet Abanto Cabellos**, denominada:

**“PERMEABILIDAD DE UN CONCRETO  $F'c = 210 \text{ KG}/\text{CM}^2$  UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE ADITIVO PLASTIFICANTE, CAJAMARCA, 2016.”**

---

Ing. Irene Del Rosario Ravines Azañero

**ASESORA**

---

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Mg. Ing. María Salomé de la Torre Ramírez

**JURADO**

---

Ing. José Miguel Ángel Vásquez Sevillano

**JURADO**

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS:**

Por brindarme la vida, por su infinita bondad y amor, por guiarme e iluminarme en cada momento de mi vida, por darme la fuerza, la fe y la esperanza para lograr mis metas.

### **A MI MADRE:**

Carmen Cabellos, por su constante apoyo, por haber guiado mi vida, por brindarme su protección, su fuerza, su confianza, por estar conmigo en los buenos y malos momentos, por ser mi mayor inspiración y por enseñarme a luchar por mis sueños

### **A MI HERMANO**

Por acompañarme en los buenos y malos momentos, por ayudarme a lograr mis metas planteadas.

### **A MIS ABUELOS:**

Ina Cabrera y Amancio Cabellos, por ser la luz que guían mi camino, por su interminable apoyo en cada momento de mi vida y por su gran ejemplo de vida.

## AGRADECIMIENTO

Tengo bien agradecer a los docentes de la Universidad Privada del Norte, facultad de Ingeniería Civil, quienes nos han aportado todos sus conocimientos para hacer de nosotros profesionales de bien.

Al director de carrera de la facultad de Ingeniería Civil, Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por todas sus enseñanzas y aportes en la realización de la presente tesis.

A mi asesora la Ing. Irene del Rosario Ravines Azañero por el apoyo y dedicación brindada para el desarrollo de esta tesis.

Al técnico laboratorista de la Universidad Privada del Norte quien me brindó el apoyo para realizar los ensayos requeridos.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Tabla de contenido

<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. Realidad problemática .....	12
1.2. Formulación del problema.....	13
1.3. Justificación.....	13
1.4. Objetivos .....	13
1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....	13
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	14
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1. Antecedentes .....	15
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. <i>CONCRETO (NTP339.047, 2014)</i> .....	15
2.2.2. <i>AGREGADOS</i> .....	16
2.2.3. <i>ADITIVOS</i> .....	16
2.2.4. <i>ADITIVO PLASTIFICANTE</i> .....	16
2.2.5. <i>CURADO DEL CONCRETO (NTP339.033, 2009)</i> .....	17
2.2.6. <i>PERMEABILIDAD</i> .....	17
2.2.7. <i>PERMEÁMETRO SEGÚN EL ACI – 522R:</i> .....	18
2.3. Hipótesis .....	19
<b>CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....</b>	<b>20</b>
3.1. Operacionalización de variables .....	20
3.2. Diseño de investigación .....	20
3.3. Unidad de estudio .....	20
3.4. Población .....	20
3.5. Muestra (muestreo o selección) .....	21
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos.....	21
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos .....	22
3.7.1. <i>Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. (NTP400.012, 2001)</i> .....	22
3.7.2. <i>Contenido de humedad del agregado fino y grueso. (NTP339.185, 2002)</i> .....	22
3.7.3. <i>Peso Unitario de los agregados fino y grueso. (NTP400.017, 1999)</i> .....	23
3.7.4. <i>Peso específico y absorción de agregado grueso. (NTP400.021, 2002)</i> .....	24
3.7.5. <i>Peso específico del agregado fino. (NTP400.022, 2002)</i> .....	25
3.7.6. <i>Cantidad finos que pasan por el tamiz N° 200 por lavado en agregados. (NTP400.018, 2002)</i> .....	26
3.7.7. <i>Resistencia a la degradación de agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. (NTP400.019, 2002)</i> .....	27
3.7.8. <i>Determinación de la permeabilidad mediante el permeámetro de carga variable. (ACI522, 2006)</i> .....	28
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>

4.1.	Ubicación de la cantera Chávez.....	30
4.2.	Propiedades Físicas del Agregado Fino .....	31
4.3.	Propiedades físicas del agregado grueso .....	35
4.4.	Diseño de Mezclas Patrón $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ .....	38
4.5.	Dosificación de Aditivo .....	43
4.6.	Coeficiente de Permeabilidad del concreto, mediante el permeámetro de carga variable (ACI 522, R) .....	43
<b>CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN .....</b>		<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>64</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de Variable Dependiente.....	18
Tabla 2: Operacionalización de Variable Independiente.....	19
Tabla 3: Cantidad Mínima de la muestra de agregado grueso o global.....	20
Tabla 4: Granulometría de la muestra de agregado para ensayo de abrasión.....	26
Tabla 5: Coordenadas UTM – Cantera Chávez.....	29
Tabla 6: Granulometría del agregado fino.....	30
Tabla 7: Módulo de finura del agregado fino.....	31
Tabla 8: Contenido de humedad del agregado fino.....	31
Tabla 9: Contenido de humedad del agregado fino.....	31
Tabla 10: Peso específico del agregado Fino.....	32
Tabla 11: Peso unitario compactado del agregado fino.....	32
Tabla 12: Peso volumétrico suelto compactado del agregado fino.....	33
Tabla 13: Propiedades físicas del agregado fino.....	33
Tabla 14: Granulometría del Agregado Grueso.....	34
Tabla 15: Peso específico y absorción del agregado grueso.....	35
Tabla 16: Contenido de humedad del agregado grueso.....	35
Tabla 17: Peso unitario compactado del agregado grueso.....	36
Tabla 18: Peso volumétrico suelto compactado del agregado grueso.....	36
Tabla 19: Porcentaje de abrasión.....	36
Tabla 20: Características físicas del agregado grueso.....	37
Tabla 21: Parámetros de diseño.....	37
Tabla 22: Propiedades de los materiales.....	37
Tabla 23: Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire el agregado.....	38
Tabla 24: Relación agua/cemento.....	39
Tabla 25: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	40
Tabla 26: Volumen de cada uno de los elementos utilizados.....	40
Tabla 27: Pesos en base a los volúmenes de cada elemento.....	41
Tabla 28: Corrección por absorción y humedad.....	41
Tabla 29: Diseño final para 1m <sup>3</sup> de concreto.....	41
Tabla 30: Coeficiente de permeabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , a los 7 días de curado.....	43

Tabla 31: Valores del promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 7 días de curado.....	43
Tabla 32: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 7 días de curado.....	44
Tabla 33: Coeficiente de permeabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , a los 14 días de curado...	45
Tabla 34: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 14 días de curado.....	45
Tabla 35: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 14 días de curado.....	46
Tabla 36: Coeficiente de permeabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , a los 21 días de curado.....	47
Tabla 37: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 21 días de curado.....	47
Tabla 38: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 21 días de curado.....	48
Tabla 39: Coeficiente de permeabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , a los 28 días de curado.....	49
Tabla 40: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 28 días de curado.....	49
Tabla 41: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 28 días de curado.....	50
Tabla 42: Nivel de permeabilidad del concreto según el coeficiente de Darcy.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Granulométrica del agregado fino. ....	30
Gráfico 2: Curva Granulométrica del agregado grueso. ....	34
Gráfico 3: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 7 días de curado.....	44
Gráfico 4: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 14 días de curado.....	46
Gráfico 5: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 21 días de curado.....	48
Gráfico 6: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 28 días de curado.....	50
Gráfico 7: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, sin aditivo.....	51
Gráfico 8: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 2% aditivo.....	51
Gráfico 9: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 4% aditivo.....	52
Gráfico 10: Clasificación de la Permeabilidad del concreto según NTC 4483. ....	52

## RESUMEN

El concreto es un material que se utiliza en la construcción de diferentes tipos de edificaciones, en muchos casos se recomienda el uso de aditivos, para mejorar algunas propiedades del concreto, entre una de ellas está la de disminuir la permeabilidad del mismo. Es por ello que en la presente tesis, se va a investigar la permeabilidad del concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , para lo cual se utilizó aditivo Sika Cem Plastificante, en porcentajes de 2% y 4% que se adicionaron a la mezcla de concreto. Para ello como primer paso se identificó la cantera para la obtención de los agregados, dichos agregados fueron llevados al laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, en donde se realizaron los diferentes ensayos para determinar sus propiedades y de esta manera verificar que se encuentren dentro de los parámetros establecidos para poder realizar el diseño de mezclas patrón y determinar la cantidad de aditivo que se va a adicionar, ya sea de 2% y 4%, una vez obtenidos estos valores, se realizaron las probetas de concreto las cuales fueron 15 cm de alto x 10 cm de diámetro. Por cada porcentaje de aditivo se realizaron 24 probetas, obteniendo así 72 probetas en total, las cuales fueron ensayadas a los 7, 14, 21 y 28 días de curado, el ensayo que nos permitió determinar la permeabilidad del concreto, se realizó mediante un permeámetro que fue construido siguiendo cada uno de los pasos estipulados en el ACI 522r. Los resultados de cada ensayo fueron anotados en formatos de recolección de datos, que luego fueron procesados, obteniendo para 7 días de curado, valores de 0.000193 m/s para el concreto patrón, 0.000177 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.000157 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante. Para 14 días de curado, obtuvimos valores de 0.000149 m/s para el concreto patrón, 0.000132 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.000120 m/s, para el concreto con 4% de aditivo plastificante, a los 21 días de curado, obtuvimos valores de 0.000109 m/s para el concreto patrón, 0.0000962 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.0000870 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante y para 28 días de curado, obtuvimos valores de 0.0000819 m/s para el concreto patrón, 0.0000578 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.0000475 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante, estos valores fueron clasificados en la NTC 4483, para su respectiva clasificación, además con estos valores obtenidos podemos decir que el aditivo plastificante disminuye la permeabilidad del concreto para 7 días de curado en un 8% y 19% con 2% y 4% de aditivo plastificante respectivamente, a los 14 días de curado presenta una disminución de 11% y 19% respectivamente, para 21 días de curado la permeabilidad disminuye en 12% y 20% y para 28 días de curado presenta una disminución de 29% para 2% de aditivo y 42% para 4% de aditivo.

## ABSTRACT

Concrete is a material used in the construction of different types of buildings, in many cases the use of additives is recommended to improve some properties of concrete, between one of is to decrease the permeability thereof. That is why in this thesis is to investigate the permeability of concrete  $f_c = 210 \text{ kg / cm}^2$ , for which additive was used Sika Cem Plasticizer in percentages of 2% and 4% were added to the mix concrete. To do this as a first step the quarry to obtain aggregates, these aggregates were taken to the laboratory concrete Private University of the North, where various tests were conducted to determine their properties are identified, and thus verify that are within the parameters established to perform the mix design pattern and determine the amount of additive to be added, either 2% and 4%, once obtained these values, concrete specimens were made which were 15 cm high x 10 cm diameter. For every percentage of additive 24 specimens were performed, obtaining 72 samples in total, which were tested at 7, 14, 21 and 28 days of curing, the test that allowed us to determine the permeability of concrete, was made using a permeameter which it was built, following each of the steps outlined in the ACI 522r. The results of each trial were recorded in formats of data collection, which were then processed, obtaining for 7 days cure, values of 0.000193 m / s for the specific pattern, 0.000177 m / s for concrete with 2% plasticizer additive and 0.000157 m / s for concrete with 4% plasticizer additive. For 14 days cure, we obtained values of 0.000149 m / s for the specific pattern, 0.000132 m / s for concrete with 2% plasticizer additive and 0.000120 m / s, for concrete with 4% plasticizer additive, at 21 days of curing, we obtained values of 0.000109 m / s for the specific pattern, 0.0000962 m / s for concrete with 2% plasticizer additive and 0.0000870 m / s for concrete with 4% plasticizer additive and 28 days of curing, obtained values of 0.0000819 m / s for the specific pattern, 0.0000578 m / s for concrete with 2% plasticizer additive and 0.0000475 m / s for concrete with 4% plasticizer additive, these values were classified in ISO 4483, for their relative rankings, in addition to these values obtained we can say that the plasticizing additive decreases concrete permeability for 7 days cure at 8% and 19% with 2% and 4% plasticizer additive respectively, at 14 days of curing presents a decrease of 11% and 19% respectively, for 21 days curing permeability decreases 12% and 20% in and cured for 28 days shows a decrease of 29% for 2% additive and 42% to 4% of additive.

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El concreto desde siglos atrás ha desempeñado un papel crucial, fue un material empleado sistemáticamente en múltiples termas, acueductos y puertos romanos para contener el agua, existiendo así un contacto concreto/agua que se considera como una frontera donde un material termina y el otro comienza, puesto que el agua penetra la matriz porosa del concreto, debido a que existen factores externos al material mismo (presión del líquido, espesor del elemento, etc.) que determinan si una estructura de concreto permite o no el paso del agua a través de todo su espesor (Hermida, 2009).

Un estudio reveló que en Francia solo el 58% de los usuarios de tanques de agua elevados, reservorios y tanques enterrados están satisfechos con su desempeño. Los que más problemas han evidenciado con respecto a infiltraciones son los tanques elevados. Dentro del levantamiento de las causas de los problemas estaba en primer lugar la fisuración (22%) seguida de la permeabilidad de los recubrimientos o el material (18%) y la abrasión (10%) (Hermida, 2013).

La permeabilidad del concreto es un factor que se debe de controlar, ya que un concreto muy permeable se carbonatará rápidamente, por tener poca resistencia a la penetración de los fluidos. Para obtener un concreto poco permeable son necesarios agregados de buena calidad, una pasta de cemento con relación agua/cemento baja, y la inclusión de aditivos (Celis, 2006).

Debido a la gran variedad de usos que se da al concreto es que surge la necesidad de probar nuevos productos que mejoren sus características para así poder tener un mejor conocimiento de modo de empleo y de los resultados que se obtienen. En el mercado encontramos diferentes tipos de aditivos que mejoran las características del concreto (Díaz, 2009)

En nuestro país, no es frecuente el empleo de aditivos por la creencia generalizada de que su alto costo no justifica su utilización; y de la economía en mano de obra, horas de operación y mantenimiento del equipo, reducción de plazos de ejecución de las labores, mayor vida útil de las estructuras, etc. Se concluye en que el costo extra es sólo aparente en la mayoría de los casos, en contraposición a la gran cantidad de beneficios que se obtienen. De acuerdo a esto, hay mucho desconocimiento sobre el uso y potencialidades de los aditivos, ya que al no ser productos de gran disponibilidad y consumo en el mercado local, son relativamente pocos

los profesionales que tienen la oportunidad de emplearlos e investigar sus posibilidades con los materiales y condiciones locales. La experiencia en su empleo es limitada sólo a algunos proyectos de cierta importancia, no existiendo una tecnología local organizada que comparta, aproveche y difunda los avances internacionales en este campo (Pasquel, 1998).

## 1.2. Formulación del problema

¿Qué porcentaje de permeabilidad presenta un concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$  utilizando diferentes porcentajes de aditivo plastificante?

## 1.3. Justificación

Los aditivos tienen gran importancia en las construcciones, ya que se encargan de mejorar el comportamiento del concreto, existen numerosas investigaciones acerca del uso de diferentes tipos de aditivos y sus propiedades; sin embargo, específicamente del aditivo plastificante y como es que éste influye en la permeabilidad del concreto, no se cuenta con mucha información, es por esa razón que en la presente investigación se adicionara aditivo plastificante al concreto en diferentes porcentajes, para comprobar si este reduce la permeabilidad del concreto y si se obtendrá beneficio en su uso.

- Justificación aplicativa o práctica.

Los aditivos son productos que se adicionan en pequeña proporción al concreto durante el mezclado en porcentajes entre 0.1% y 5%. La función de los aditivos reductores de agua (plastificantes) es reducir el contenido del agua de la mezcla en un 5% a 10 % (según el producto o el efecto deseado) de la masa o peso del cemento, con el propósito de producir una modificación en algunas de sus propiedades originales o en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo en una forma susceptible de ser prevista y controlada. Así el fin de utilizar este tipo de aditivos es permitir una reducción en la relación agua-cemento mientras se conserva la trabajabilidad, los aditivos reductores de agua mejoran las propiedades del concreto fresco hecho con agregado de granulometría pobre. El concreto que contiene un aditivo plastificante generalmente tiende a bajar su permeabilidad (Santiago, 2011).

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Determinar la permeabilidad de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$  utilizando diferentes porcentajes de aditivo plastificante, Cajamarca, 2016.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados.
2. Realizar el diseño de mezclas mediante el método ACI 211 de la muestra patrón, y las muestras con 2% y 4% de adición de aditivo plastificante.
3. Utilizar el permeámetro de carga variable estipulado en el ACI 522, r para determinar la permeabilidad del concreto.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

- Según Arciniegas la influencia de la dosificación de superplastificante sobre la permeabilidad, es más significativa en edades tempranas que a largo plazo, debido a que el plastificante puede retrasar la hidratación de cemento, con este retraso da la formación de suficientes bloques de hidróxido de calcio hidratado y otros productos de la hidratación que puedan bloquear los poros capilares (Arciniegas, 2015)
- En el artículo científico Importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento nos dice que el curado inicial es crítico para reducir la permeabilidad de la zona exterior del concreto. Para el caso de concretos de cemento Portland, el incremento de curado de 1 a 3 días, reduce la permeabilidad por un factor de 5. Sin embargo, prolongar el curado hasta la edad de 28 días sólo aporta una leve reducción adicional, del orden del 10% (Luco, 2009).
- En el artículo científico Concreto Permeable. Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad, se ensayaron 16 muestras de concreto poroso con y sin aditivo plastificante, para agregados de río y cantera, utilizando el modelo del permeámetro de carga variable del ACI 522 R, los aditivos plastificantes fueron añadidos en rangos de 4 a 150 cm<sup>3</sup>, obteniéndose una permeabilidad promedio de 150 cm/s (Arrieta, 2011).

### 2.2. Bases teóricas

#### 2.2.1. CONCRETO (NTP339.047, 2014)

Es la mezcla cemento Portland, agregado fino y grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

El cemento y el agua reaccionan en forma química, uniendo las partículas de los agregados (fino y grueso). Todo esto constituye un material heterogéneo.

Etapas para la producción de un buen concreto son:

- Dosificación
- Mezclado
- Transporte
- Colocación

- Consolidación
- Curado

### 2.2.2. AGREGADOS

Es el conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas en la NTP 400.011. Los agregados son la parte inerte del concreto, sin embargo al constituir entre 65% y 75% aproximadamente del total del concreto, debemos tener muy clara su importancia, la cual antiguamente y durante muchos años fue poco considerada (Siancas, 2003).

### 2.2.3. ADITIVOS

Es un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como componente del concreto o mortero. Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado.

En la actualidad, muchos de estos productos existen en el mercado, y los hay en estado líquido y sólido, en polvo y pasta. Aunque sus efectos están descritos por los fabricantes, cada uno de ellos deberá verificarse cuidadosamente antes de usarse el producto, pues sus cualidades están aún por definirse (Santiago, 2011).

### 2.2.4. ADITIVO PLASTIFICANTE

El efecto directo de un plastificante sobre la pasta de cemento es disminuir la viscosidad de la misma. Un plastificante hace que la pasta de cemento se vuelva más "líquida", fluya más rápido. Lo logra recubriendo las partículas de cemento y provocando una repulsión entre estas. Cuando las partículas se repelen entre sí, existe menos resistencia al flujo del conjunto (menos fricción), tiene lugar además una eliminación de microfloculos, lo que permite la liberación y mejor distribución del agua. De esta forma la pasta de cemento fluye más y por ende el concreto también lo hace.

Una mayor fluidez del concreto permite entonces disminuir la cantidad de agua del mismo, modificando por lo tanto las propiedades de la pasta (o pegante), que con menos agua aumentará su resistencia en estado endurecido. Si en vez de eliminar agua se elimina simultáneamente agua y cemento (pasta) conservando la misma calidad de pasta (misma proporción de agua y cemento), se puede mantener la resistencia y fluidez con un menor

contenido de agua y cemento. El costo de un plastificante es en general más bajo que el de agua y cemento que permite ahorrar, es allí donde se logra un concreto optimizado (Alvarez, 2008).

### 2.2.5. CURADO DEL CONCRETO (NTP339.033, 2009)

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento).

Si el concreto se seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales y además se le impide alcanzar la resistencia especificada. Los agentes más perjudiciales son el sol y el viento, debe evitarse que ellos lleguen al concreto fresco.

### 2.2.6. PERMEABILIDAD

Se entiende como permeabilidad la velocidad con que el agua y otros líquidos fluyen a través del hormigón. Una permeabilidad mayor del hormigón al agua, va a ser función de la permeabilidad de la pasta, de la permeabilidad y granulometría del agregado y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. Un hormigón permeable es propenso a su desintegración, porque el agua que penetra en sus poros se expande por congelación sometiéndolo a tensiones que no puede soportar. Igualmente la fácil penetración de sulfatos, ácidos y otros productos químicos agresivos aceleran el proceso de destrucción del hormigón, así como de las barras de acero en los hormigones armados (Mattio, 2014).

El coeficiente de permeabilidad brinda información acerca de la factibilidad del ingreso del agua en estado estacionario. Este coeficiente aumenta con la relación agua/cemento que posee el concreto. La gradación de los agregados también juega un papel fundamental para obtener baja tasa de ingreso de agua, una distribución inadecuada conlleva a una pobre compactación permitiendo el paso de fluido con mayor facilidad (Hermida, 2009).

$$\frac{dq}{dt} \times \frac{1}{A} = K \times \frac{\Delta H}{L}$$

Despejando K, obtenemos:

$$K = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Dónde:

K: Coeficiente de permeabilidad (m/s).

A: Área de la muestra (m).

a: Área de la tubería de carga(m).

t : Tiempo en segundos que demora en pasar h<sub>2</sub>-h<sub>1</sub>

h<sub>1</sub>: Altura de agua medida del nivel de referencia (parte superior de la muestra (m).

h<sub>2</sub>: Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (0.01m).

L: longitud de la muestra

### 2.2.7. PERMEÁMETRO SEGÚN EL ACI – 522R:

La permeabilidad del concreto puede ser medida mediante un sencillo permeámetro de carga variable. En este enfoque, la muestra es encerrada para evitar el agua fluya a los lados de la muestra. Se añade agua al cilindro para llenar la celda de la muestra y el tubo de drenaje. La muestra está sujeta a que el agua drene a través de la tubería hasta que el nivel en el cilindro es el mismo que la parte superior de la tubería de drenaje. Esto reduce al mínimo las bolsas de aire en la muestra y asegura que la muestra está completamente saturada. Las medidas que debe presentar : El cilindro donde va almacenada el agua es de 30 cm, las probetas de concreto serán de 15 cm de alto por 10 cm de diámetro, la cual irá debajo del cilindro graduado, debidamente unidos con jebes y abrazaderas para que tenga la presión suficiente y el agua no salga por los costados, en la parte posterior de la probeta irá otro jebe con su respectiva abrazadera el cual a su vez tendrá otro recipiente por donde irá bajando el agua de una medida de 10 cm, que estará unido a un tubo para que pueda ir ensamblada la válvula de agua y este a su vez tenga el tubo de drenaje por donde saldrá el agua que se va filtrando (ACI522, 2006).

Figura 1: Permeámetro según ACI 522



Fuente: ACI 522 R, 2006

### 2.3. Hipótesis

La permeabilidad del concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$  disminuye en 5% y 10%, cuando se le adiciona porcentajes de 2% y 4% de aditivo plastificante respectivamente.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de Variable Dependiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDADES
Permeabilidad del concreto	Factibilidad del ingreso del agua por el concreto en estado estacionario (Hermida, 2009).	Coefficiente de Darcy	m/s
		Curado	Días

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 2: Operacionalización de Variable Independiente.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDADES
Porcentajes de aditivo plastificante	Un plastificante hace que la pasta de cemento se vuelva más líquida, fluya más rápido. (Alvarez, 2008).	Dosificación	Porcentaje de aditivos
		Curado	Días

Fuente: Elaboración propia, 2016.

### 3.2. Diseño de investigación

Experimental aplicada

### 3.3. Unidad de estudio

Probetas de concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ , patrón y probetas adicionando diferentes porcentajes de aditivo plastificante.

### 3.4. Población

La población son las probetas de concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$  patrón y probetas de concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$  agregando aditivo plastificante en porcentajes de 2% y 4 %.

### 3.5. Muestra (muestreo o selección)

Para realizar el concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ , se adquirieron los agregados de la cantera "CHAVEZ". Los especímenes se hicieron en función de las Normas Técnicas Peruanas de concreto la cifra mínima de muestras elaboradas es de tres (03) muestras para cada tiempo. Para la presente tesis se utilizaron 24 especímenes patrón y 48 especímenes elaborados con la adición de aditivo plastificante, tal como se muestra a continuación.

- **24 probetas patrón**, las cuales 6 se ensayaron a los 7 días, 6 a los 14 días, 6 a los 21 días y 6 a los 28 días.
- **24 probetas con adición de 2%, aditivo**, las cuales 6 se ensayaron a los 7 días, 6 a los 14 días, 6 a los 21 días y 6 a los 28 días.
- **24 probetas con adición de 4%, aditivo**, las cuales 6 se ensayaron a los 7 días, 6 a los 14 días, 6 a los 21 días y 6 a los 28 días.

### 3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

La recolección de datos para determinar la permeabilidad del concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$  patrón y con adición de aditivo plastificante, se inició determinando la cantera, para esta investigación se escogió la cantera Chávez, por sus antecedentes, ya que ha sido utilizada en la construcción de muchas obras, obteniendo buenos resultados, se realizaron los ensayos correspondientes de los agregados para obtener sus propiedades físicas y de esta manera se pueda realizar el diseño de mezcla patrón  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$  usando el método ACI 211, y con adición de aditivo plastificante en porcentajes de 2% y 4%.

Una vez determinado el diseño de mezclas del concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ , se procede a elaborar los especímenes de concreto que para este ensayo tendrán las medidas de 10cm de diámetro y 15cm de alto, los cuales serán curados a los 7, 14, 21 y 28 días, además también se procedió a elaborar el permeámetro, según lo establecido por el ACI 522-R, el cual nos servirá para realizar el ensayo de permeabilidad de las probetas y finalmente comprobar si la adición de aditivo plastificante en diferentes porcentajes influyen en la permeabilidad

### 3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Se recogieron muestras de agregados de la cantera Chávez, las cuales fueron llevadas al laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte, para poder determinar las propiedades físicas y mecánicas de los mismos, haciendo uso de las siguientes normas:

#### 3.7.1. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. (NTP400.012, 2001)

- ✓ Se seca la muestra a temperatura constante.
- ✓ Se coloca el material en los tamices, en la tabla 3 se muestra la cantidad de muestra según su tamaño máximo nominal del agregado.

Tabla 3: Cantidad Mínima de la muestra de agregado grueso o global.

Tamaño Máximo nominal Aberturas cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la muestra de Ensayo Mínimo Kg (lb)
9.5(3/8")	1(2)
12.5(1/2")	2(4)
19.0(3/4")	5(11)
25(1")	10(22)
37.5(1 1/2")	15(33)

Fuente: NTP 400.012, 2001

- ✓ Se agitan los tamices por un período suficiente.
- ✓ Se determinó la masa de cada incremento de medida sobre una balanza. La masa total de material luego del tamizado deberá ser verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz.

#### 3.7.2. Contenido de humedad del agregado fino y grueso. (NTP339.185, 2002)

- ✓ Se calculó aproximadamente la cantidad de muestra con la cual se va a trabajar.
- ✓ Se pesó correctamente las taras para realizar las prácticas.
- ✓ Se colocó en las taras la muestra húmeda y se pesó.
- ✓ Se llevó al horno por un tiempo de 24 horas, a una temperatura de 110°C, para la eliminación del agua.
- ✓ Cumplidas las 24 horas, se sacaron las muestras del horno y se dejaron enfriar hasta la temperatura ambiente para pesarlas.

- ✓ Finalmente se calculó el porcentaje de contenido de humedad, utilizando la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

Ph: Peso de la muestra húmeda

Ps: Peso de la muestra secada al horno

### 3.7.3. Peso Unitario de los agregados fino y grueso. (NTP400.017, 1999)

Procedimiento para el agregado en estado suelto (para el agregado fino).

- ✓ Se pesó el recipiente en el cual se iba a depositar el agregado.
- ✓ Se colocó el recipiente dentro de otra bandeja y con una cuchara se dejó caer el agregado en el recipiente. El agregado sobrante se elimina con una regla.
- ✓ Se determinó el peso del recipiente más el contenido del agregado.
- ✓ Se repitió todo el proceso tres veces más y se aplicó la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado.

G: Peso del recipiente de medida más el agregado.

T: Peso del recipiente de medida.

V: Volumen de la medida.

Procedimiento para el agregado en estado compactado (para el agregado grueso).

- ✓ Se tomó la muestra que se encontraba en una bandeja y se la lleva al lugar de trabajo
- ✓ Se pesó el recipiente el cual se depositara el agregado
- ✓ Se llenó un tercio de la capacidad del recipiente de forma aproximada
- ✓ Se llenó un tercio más (sumado con esto dos tercios) de la capacidad del recipiente de forma aproximada.

- ✓ Se compactó el material con 25 golpes que se distribuyó de manera uniforme en la superficie de agregado expuesta
- ✓ Luego se terminó de llenar el recipiente con el agregado, de tal forma que parte del material sobrepaso la superficie del recipiente.
- ✓ Otra vez, se compactó el material con 25 golpes que se distribuyó de manera uniforme en la superficie de agregado expuesta.
- ✓ Se niveló la superficie con los dedos y con la ayuda de un enrasado.
- ✓ Se pesó el recipiente que contenía el agregado y se anotó su valor.
- ✓ Se repitió todo el proceso tres veces más y se aplicó la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado.

G: Peso del recipiente de medida más el agregado.

T: Peso del recipiente de medida.

V: Volumen de la medida.

#### 3.7.4. Peso específico y absorción de agregado grueso. (NTP400.021, 2002)

- ✓ Se pesó la tara
- ✓ Luego se pesó la muestra con la tara
- ✓ Se colocó la muestra en un balde de metal y se colocó en un gancho para después sumergirla totalmente
- ✓ Finalmente se anotó el peso sumergido totalmente de la muestra y se aplicaron las siguientes fórmulas para obtener los resultados:

- Peso específico nominal:

$$\frac{A}{A - C}$$

- Absorción:

$$\frac{B - A}{A} \times 100$$

Donde:

A: Peso en el aire de la muestra seca en gramos.

B: Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca, en gramos.

C: Peso sumergido en agua de la muestra saturada, en gramos.

### 3.7.5. Peso específico del agregado fino. (NTP400.022, 2002)

- ✓ Se coloca aproximadamente 1000 g del agregado fino, obtenido por el método del cuarteo y secado a peso constante a una temperatura 110 °C ± 5 °C.
- ✓ Se cubre la muestra con agua y se deja reposar durante 24 horas.
- ✓ Se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia, para garantizar un secado uniforme. Se continúa esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.
- ✓ Luego se coloca en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra de metal y se levanta el molde verticalmente.
- ✓ Si existe humedad libre, el cono de agregado fino mantendrá su forma.
- ✓ Se sigue secando, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe al quitar el molde. Esto indica que el agregado fino ha alcanzado una condición de superficie seca
- ✓ Se introduce en un frasco una muestra de 500 gramos del material preparado, se llena de agua hasta alcanzar aproximadamente la marca de 500 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 23 °C ± 2 °C.
- ✓ Después se llena con agua hasta los 500 cm<sup>3</sup> y se determina el peso total del agua introducida en el frasco con aproximación de 0.1 g.
- ✓ Se saca el agregado fino del frasco, se seca a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C, se enfría a temperatura de ambiente y se pesa.
- ✓ Utilizamos las siguientes fórmulas para determinar los valores:

- Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \times 100$$

- Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS):

$$P_{eSSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \times 100$$

- Peso específico aparente (Pea):

$$Pea = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \times 100$$

- Absorción (Ab):

$$Ab = \frac{500 - W_o}{W_o} \times 100$$

Donde:

W<sub>o</sub> = Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr.)

V = Volumen del frasco en cm<sup>3</sup>

V<sub>a</sub> = Peso en gramos o volumen en cm<sup>3</sup> de agua añadida al frasco.

### 3.7.6. Cantidad finos que pasan por el tamiz N° 200 por lavado en agregados. (NTP400.018, 2002)

Tomar una cantidad de muestra adecuada para ser ensayada, según se muestra en la tabla siguiente:

- ✓ Se seca la muestra a peso constante y se determina su masa, para ser colocada en el recipiente y adicionar agua suficiente para cubrirla.
- ✓ Se agita la muestra vigorosamente, con el fin de separar completamente todas las partículas más finas que el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión.
- ✓ Se vierte el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos y disueltos.
- ✓ Retornar todo el material retenido sobre el tamiz mediante un chorro de agua.
- ✓ Secar el agregado lavado a peso constante en la estufa por un tiempo de 24 horas y aplicar la fórmula:

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

Donde:

A= Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm(N 200) por vía húmeda.

P1= Peso seco de la muestra original, gramos

P2= Peso seco de la muestra ensayada, gramos

### 3.7.7. Resistencia a la degradación de agregado grueso por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles. (NTP400.019, 2002)

- ✓ Lavar y secar al horno la muestra.
- ✓ Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 500 revoluciones.
- ✓ Descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra sobre el tamiz normalizado N° 12.
- ✓ Pesar la muestra.

$$\% \text{ Desgaste} = 100 \times \frac{(P1 - P2)}{P1}$$

Donde:

P1= Peso muestra seca antes de ensayo

P2= Peso muestra seca después del ensayo.

Tabla 4: Granulometría de la muestra de agregado para ensayo de abrasión

Pasa tamiz	Retenido en tamiz		Pesos y granulometrías de la muestra para ensayo (g)				
	mm (alt.)	mm	mm (alt.)	A	B	C	D
37.5	1 1/2"	-25	1"	1250 ± 25			
25	1"	-19	3/4"	1250 ± 25			
19	3/4"	-12.5	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.5	1/2"	-9.5	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.5	3/8"	-6.3	1/4"			2500 ± 10	
6.3	1 1/4"	-4.75	Nº4			2500 ± 10	5000 ± 10
4.75	Nº 4	-2.36	Nº8				5000 ± 10
TOTALES				5000 ± 10	2500 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: NTP 400.019,2002.

Luego de la obtención de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, se realizó el diseño de mezclas patrón para un concreto  $f'c=210\text{ kg}/\text{cm}^2$ , usando el método ACI 211, y además se determinó la cantidad de aditivo plastificante que será utilizado, el aditivo plastificante a utilizar será de la marca Sika, y el nombre del aditivo es Sika Cem Plastificante, el ensayo para determinar la permeabilidad se lo realizara mediante un permeámetro de carga variable, de elaboración propia, siguiendo lo estipulado en el ACI 522r.

### **3.7.8. Determinación de la permeabilidad mediante el permeámetro de carga variable. (ACI522, 2006)**

El ensayo para determinar la permeabilidad del concreto patrón y con la adición de aditivo plastificante, se realizó mediante un permeámetro de carga variable, el cual fue elaborado siguiendo los parámetros estipulados en el ACI 522 R (ver anexo 7), este permeámetro está diseñado para contener una altura de 30cm de agua, en un cilindro graduado de 10 cm. de diámetro, por donde va bajando el agua, mientras ésta penetra la probeta de concreto, además cabe recalcar que se establece dicha altura de agua y diámetro del cilindro, ya que el agua debe tener el peso suficiente para que tenga una presión adecuada y de esta manera el agua fluya a través del concreto, esta altura de agua puede variar siempre y cuando sea mayor a los 30cm ya establecidos, los pasos a seguir para la elaboración del permeámetro son los siguientes:

1. Cortar un tubo de PVC de 4" de diámetro a una altura de 10 cm, en la parte posterior del mismo se coloca un tapón de PVC, para evitar que el agua fluya por dicho tubo.
2. Al costado de dicho tubo de PVC se hace un agujero de 3/4" de diámetro, de tal manera que se pueda colocar otro tubo de PVC del mismo diámetro, el cual tendrá una válvula de agua la cual se abre cada vez que se inicia el ensayo .
3. Al tubo de 3/4" de diámetro se le coloca un codo de PVC, de la misma medida, el cual además lleva un tubo en forma vertical por donde sale el agua que va penetrando la probeta de concreto, este tubo es llamado tubo de drenaje el cual estuvo a una altura de 1cm por encima de la probeta de concreto, la función de este es que permite la salida del agua que va atravesando la probeta de concreto, una vez que termina de salir dicho líquido, se cierra la válvula y se toma el tiempo final.
4. Sobre el tubo (1) se coloca la probeta de concreto, la cual debe estar debidamente sellada, para este fin se utilizó tubo de PVC, por la parte superior la probeta va unida

al recipiente graduado ya mencionado anteriormente mediante un sello de jebe de caucho el cual va asegurado mediante abrazaderas de 6 pulgadas

5. En la parte superior de la probeta igualmente debe ir el sello de jebe de caucho, el cual a su vez va unido a un recipiente de 30 cm. de alto y 10 cm. de diámetro, el cual va a contener agua, que irá fluyendo por la probeta de concreto, además podemos decir que los sellos de caucho mencionados, permitieron que el agua no fluya por los costados de la probeta, lo cual invalidaría el ensayo, además proporciono mayor presión para que el agua pueda pasar a través del concreto

Figura 2: Permeámetro construido



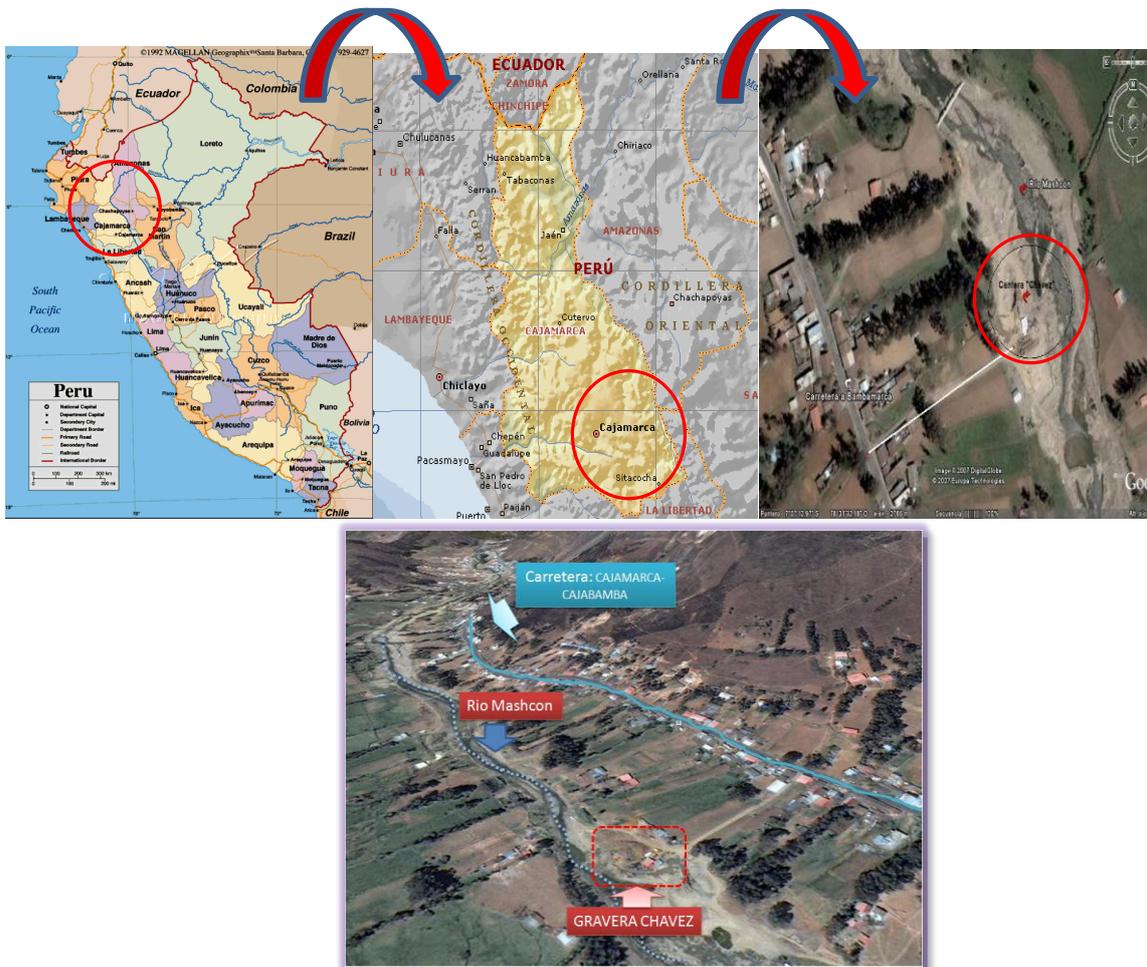
Fuente: *Elaboración propia*, 2016.

## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

### 4.1. Ubicación de la cantera Chávez

Para llegar a la cantera se toma la carretera asfaltada Cajamarca – Bambamarca hasta el Km 3.5; para luego tomar un desvío al costado derecho de dicha carretera.

Figura 3: Ubicación de la Cantera Chávez



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 5: Coordenadas UTM – Cantera Chávez

COORDENADAS UTM – WGS 84		
Elevación	Norte	Este
2765 m.s.n.m	9212122.24	773255.67

Fuente: Google Earth, 2016.

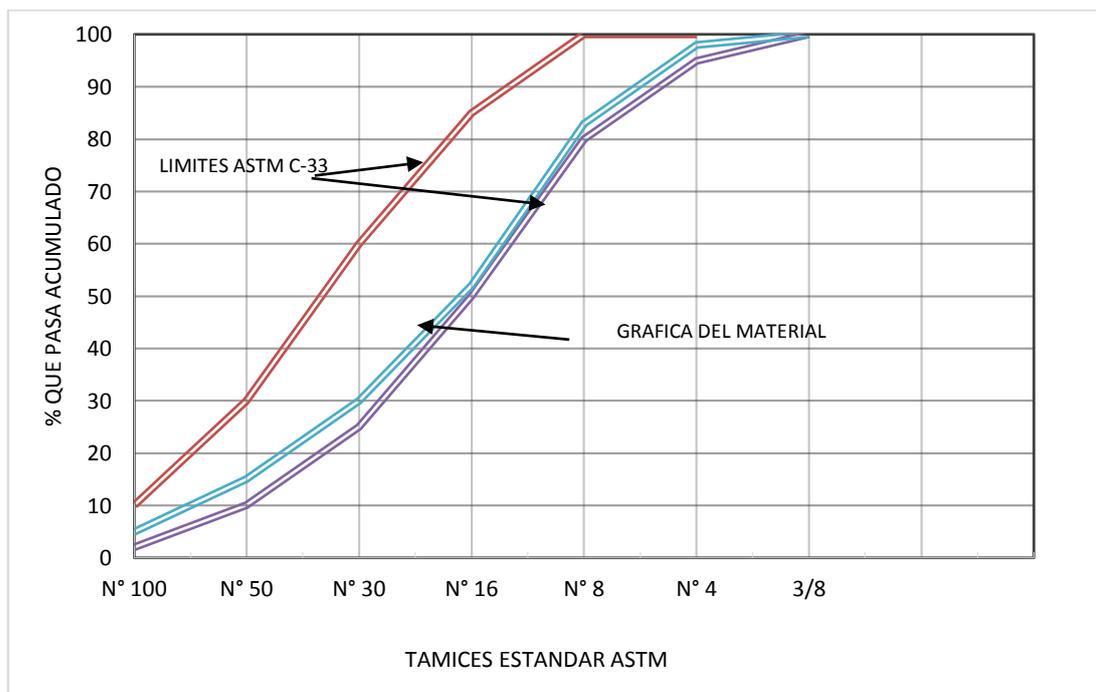
## 4.2. Propiedades Físicas del Agregado Fino

Tabla 6: Granulometría del agregado fino

Malla Estándar	Abertura	Peso retenido (gr)	Porcentaje Retenido	Porcentaje retenido acumulado	Porcentaje que Pasa
4	4.75	14.7	3.1	3.1	96.9
8	2.36	65.2	13.6	16.6	83.4
16	1.18	140.7	29.3	46.0	54.0
30	0.6	126.3	26.3	72.3	27.7
50	0.3	83.8	17.5	89.7	10.3
100	0.15	31.2	6.5	96.2	3.8
200	0.075	16.0	3.3	99.6	0.4
cazoleta		2.1	0.4	100.0	0.0
Σ		480	100.0		

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 1: Curva Granulométrica del agregado fino.



Fuente: Adaptación de la ASTM C-33, 2016.

Tabla 7: Módulo de finura del agregado fino

Porcentaje retenido acumulado	227
<b>Módulo de Finura</b>	<b>2.27</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 8: Contenido de humedad del agregado fino

Peso de la tara (gr.)	120.2
Peso de la muestra humedad + peso de la tara (gr.)	1020.2
Peso de la muestra secada al horno+ peso de la tara (gr.)	1000.2
<b>Contenido de humedad de Agregado Fino (%)</b>	<b>2.27</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 9: Porcentaje del material más fino que pasan la malla # 200

Peso seco de la muestra original(gr)	2500
Peso seco de la muestra ensayada(gr)	2447
<b>Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado de 75 µm(#200) por vía húmeda (%)</b>	<b>2.12</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 10: Peso específico del agregado fino

Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr.)	479.4
Volumen del frasco en cm <sup>3</sup>	1000
Peso en gramos o volumen en cm <sup>3</sup> de agua añadida al frasco.	803.6
<b>Peso específico de masa (Pem) gr.</b>	<b>2.44</b>
<b>Peso específico de masa saturado con superficie seca (PeSSS) gr.</b>	<b>2.55</b>
<b>Peso específico aparente (Pea) gr.</b>	<b>2.73</b>
<b>Absorción (Ab) %</b>	<b>4.30</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 11: Peso unitario compactado del agregado fino

	1	2	3
Peso del recipiente Kg.	4.802	4.802	4.802
Peso del agregado compactado + recipiente kg.	19.228	18.684	19.318
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.00896	0.00896	0.00896
Peso unitario compactado Kg/m <sup>3</sup>	1610.045	1549.330	1620.089
<b>Peso unitario compactado promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1593.155</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 12: Peso volumétrico suelto compactado del agregado fino

	1	2	3
Peso del recipiente Kg.	4.802	4.802	4.802
Peso del agregado suelto + recipiente kg.	19.174	19.204	19.38
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.00896	0.00896	0.00896
Peso unitario suelto Kg/m <sup>3</sup>	1604.018	1607.366	1627.009
<b>Peso unitario suelto promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1612.79</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 13: Propiedades físicas del agregado fino

<b>PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO FINO</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>VALOR</b>	<b>ESPECIFICACIONES ( NTP 400.037/ASTM C33)</b>
Peso Específico M	2.44	N.E
Peso Específico SSS	2.55	N.E
Peso Específico A	2.73	N.E
Peso Unitario Compactado (kg / m <sup>3</sup> )	1593.15	N.E
Peso Unitario Suelto (kg / m <sup>3</sup> )	1612.79	N.E
Porcentaje de Humedad	2.27	N.E
Porcentaje de Absorción	4.3	N.E
Porcentaje que Pasa el Tamiz # 200 (%)	2.12	5 (máximo)
Módulo de Finura	2.27	2.1 - 3.1

Fuente: Elaboración propia, 2016

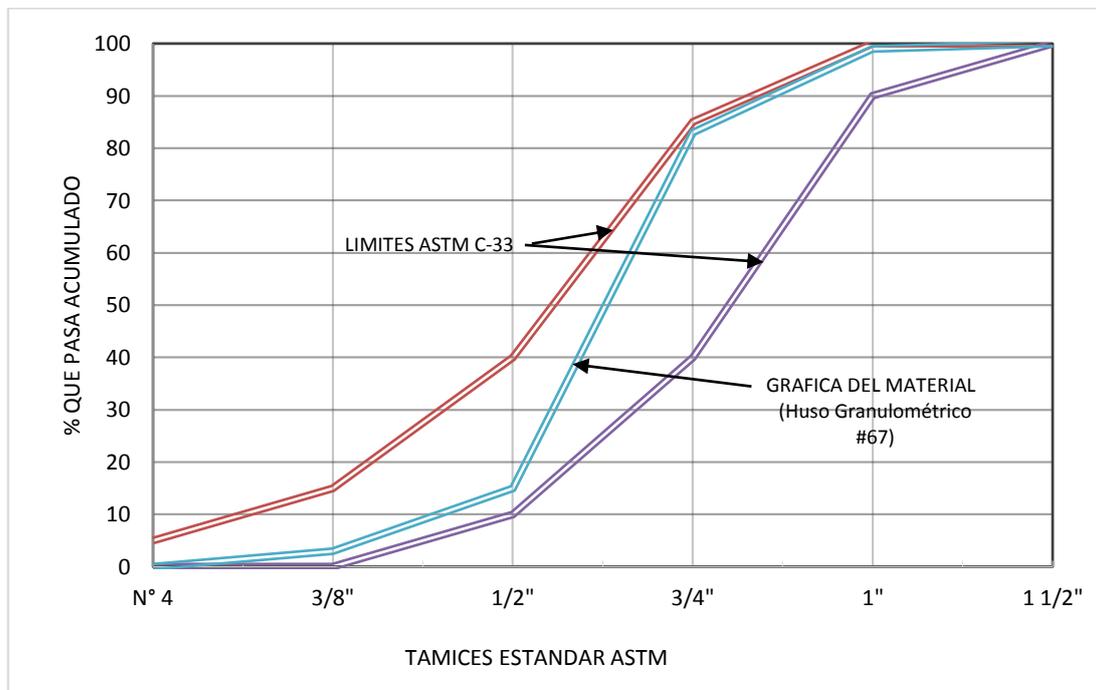
### 4.3. Propiedades físicas del agregado grueso

Tabla 14: Granulometría del Agregado Grueso

Peso de muestra (gr.)	5000				
Malla Estándar	Abertura	Peso Retenido (gr)	%Retenido	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
1"	25	0	0	0	100
3/4"	19	874.6	17.492	17.492	82.508
1/2"	12.7	1883.6	37.672	55.164	44.836
3/8"	9.5	1296.9	25.938	81.102	18.898
4	4.75	911	18.22	99.322	0.678
cazoleta		33.9	0.678	100	0
Σ		5000	100		

Fuente: Elaboración propia, 2016

Gráfico 2: Curva Granulométrica del agregado grueso (Huso Granulométrico # 67)



Fuente: Adaptación de la ASTM C-33, 2016.

Tabla 15: Peso específico y absorción del agregado grueso.

Peso en el aire de la muestra seca (gr).	3000
Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (gr).	3259.7
Peso sumergido en agua de la muestra saturada (gr).	1820.6
<b>Peso específico nominal</b>	<b>2.54</b>
<b>Absorción (%)</b>	<b>8.66</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 16: Contenido de humedad del agregado grueso

Peso de la tara (gr.)	120.2
Peso de la muestra humedad + peso de la tara (gr.)	1620.2
Peso de la muestra secada al horno+ peso de la tara (gr.)	1602.2
<b>Porcentaje de Humedad (%)</b>	<b>1.21</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 17: Peso unitario compactado del agregado grueso

	1	2	3
Peso del recipiente Kg.	4.802	4.802	4.802
Peso del agregado compactado + recipiente kg.	18.864	18.932	18.547
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.00896	0.00896	0.00896
Peso unitario compactado Kg/m <sup>3</sup>	1569.42	1577.01	1534.04
<b>Peso unitario compactado promedio (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1560.16</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 18: Peso volumétrico suelto compactado del agregado grueso

	1	2	3
Peso del recipiente Kg.	4.802	4.802	4.802
Peso del agregado suelto + recipiente kg.	18.825	17.935	18.812
Volumen del recipiente (m <sup>3</sup> )	0.00896	0.00896	0.00896
Peso unitario suelto Kg/m <sup>3</sup>	1565.07	1465.74	1563.62
<b>Peso unitario compactado (Kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1531.47</b>		

Fuente: Elaboración propia, 2016

Tabla 19: Porcentaje de abrasión

Peso muestra seca antes de ensayo gr	5000
Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz N° 12	3690
<b>Porcentaje de abrasión</b>	<b>26.2</b>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 20: Propiedades físicas del agregado grueso

PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	VALOR	ESPECIFICACIONES ( NTP 400.037/ASTM C33)
Peso Específico M	2.54	N.E
Peso Unitario Compactado (kg / m <sup>3</sup> )	1560.16	N.E
Peso Unitario Suelto (kg / m <sup>3</sup> )	1531.47	N.E
Porcentaje de Humedad	1.21	N.E
Porcentaje de Absorción	8.66	N.E
Porcentaje de Abrasión	26.2	50 (máximo)

Fuente: Elaboración propia, 2016.

#### 4.4. Diseño de Mezclas Patrón f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>

- **Parámetros de Ingreso:**

Para realizar el diseño de mezcla se determinaron los requerimientos mínimos del concreto a elaborar.

Tabla 21: Parámetros de Diseño

Parámetros	Valor Especificado
F'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	210
Piedra	Huso 67
T.M.N piedra (pulg)	$\frac{3}{4}$ "
Slump (pulg)	03 - '04
Sin aire incorporado	ok

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- **Diseño Patrón**

Tabla 22: Propiedades de los agregados

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS			
AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO	
Peso Específico de masa :	2.44	Tamaño máximo nominal (pulg.):	3/4"
Absorción (%):	4.3	Peso Seco compactado(kg/m <sup>3</sup> ) :	1560.16
Contenido de humedad (%):	2.27	Peso específico de masa :	2.54
Módulo de Finura :	1.63	Absorción % :	8.66
		Contenido de humedad (%):	1.21

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- **Estimación de la cantidad y el porcentaje de aire**

El agregado grueso tiene un huso granulométrico # 67, un tamaño máximo nominal de 3/4", además deseamos que nuestro concreto tenga un slump de 3" - 4".

De la tabla 23 podemos ver que según nuestro tamaño máximo de agregado que es 3/4" se obtiene un contenido de agua de 205 l/m<sup>3</sup>, lo cual significa 205 kg de agua y un volumen de 0.205 m<sup>3</sup> de la misma, además para el diseño de mezclas no se considera aire atrapado, por lo cual de la misma tabla podemos observar que se considera 2% esto significa un volumen de aire de 0.02 m<sup>3</sup>.

Tabla 23: Cantidades aproximadas de agua de mezclado y contenido de aire el agregado.

Slump	Tamaño máximo de agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
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	-
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
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	-
% de Aire incorporado en función del grado de exposición								
Normal	207	199	190	179	166	154	130	113
Moderado	228	216	205	193	181	169	145	124
Extrema	243	228	216	202	190	178	160	-

Fuente: ACI, 2002.

- **Se determinó la relación de agua cemento:**

Para obtener un concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , se consideró que no hay aire incorporado, por lo que se realizó una interpolación, utilizando la tabla 24, obteniendo una relación agua cemento de 0.67.

Tabla 24: Relación agua/cemento

f'c a 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> )	Relación Agua / cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.42	-
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: ACI, 2002.

Interpolando los valores obtenemos una relación a/c = 0.674

$$\begin{array}{r}
 250 = 0.61 \\
 \boxed{210 = 0.674} \\
 200 = 0.69
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 \frac{250 - 200}{0.61 - 0.69} = \frac{250 - 210}{0.61 - X}
 \end{array} \right.$$

- **Se calculó el cemento en peso y volumen absoluto:**

Al tener el peso del agua y la relación agua cemento, pudimos calcular el peso y volumen del cemento.

$$\text{Peso cemento en kg} = 205/0.67 = 306 \text{ kg}$$

$$\text{Peso específico del cemento} = 3150 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Volumen del cemento (m}^3\text{)} = 306/3150 = 0.097 \text{ m}^3$$

- **Se calculó el volumen del agregado grueso:**

El agregado grueso se encuentra en la condición de seco compactado, tal como lo define la Norma ASTM C - 29. Nuestro agregado grueso tiene un tamaño máximo de 3/4 ", y nuestro agregado fino tiene un módulo de finura de 2.27 de la tabla 13 hicimos una interpolación para obtener la relación entre estos, la cual nos resultó 0.58 m<sup>3</sup>. Con este valor se puede calcular el peso y volumen de agregado grueso.

Tabla 25: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen del concreto

Tamaño máximo nominal del agregado	Volumen del agregado grueso compactado en seco para diversos módulos de finura de la arena			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.4
1/2"	0.6	0.57	0.5	0.53
3/4"	0.6	0.64	0.62	0.6
1"	0.7	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.8	0.73	0.71	0.69
2"	0.8	0.76	0.74	0.72
3"	0.8	0.79	0.78	0.75
6"	0.9	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI, 2002.

Interpolando obtenemos un volumen del agregado grueso compactado seco de 0.58, tal como se muestra:

2.6	0.64	}	$\frac{2.6 - 2.4}{0.64 - 0.6} = \frac{2.6 - 2.27}{0.64 - X}$
2.4	0.6		
2.27	0.58		

Peso seco compactado del agregado grueso = 1560.16 kg/m<sup>3</sup>

Peso del agregado grueso = 0.58 \* 1560.16 = 904.89 kg

Peso específico del agregado grueso = 2540 kg/ m<sup>3</sup>

Volumen del agregado grueso = 904.89/2540 = 0.36 m<sup>3</sup>

- **Se suman los volúmenes calculados :**

Tabla 26: Volumen de cada uno de los elementos utilizados.

Volumen de agua m <sup>3</sup>	0.205
Volumen de cemento m <sup>3</sup>	0.097
Volumen de agregado grueso m <sup>3</sup>	0.356
Volumen de aire m <sup>3</sup>	0.020
TOTAL	0.678

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- Se resta el valor obtenido de 1m<sup>3</sup> para obtener el volumen absoluto:

$$1 \text{ m}^3 - 0.678 \text{ m}^3 = 0.322 \text{ m}^3$$

- Se calculan los pesos en base a los volúmenes obtenidos multiplicándolos por sus pesos específicos.

Tabla 27: Pesos en base a los volúmenes de cada elemento

Elemento	Volumen absoluto en m <sup>3</sup>	Peso específico Kg/m <sup>3</sup>	Peso en Kg
Agua	0.205	1000	205
Cemento	0.097	3150	306
Piedra( seca)	0.356	2540.00	904.89
Arena(seca)	0.322	2440	784.70
Aire	0.020	-	
Totales	0.980		2200.60

Fuente: Elaboración propia, 2016.

- Se corrige por absorción y humedad.

Tabla 28: Corrección por absorción y humedad

Peso de la piedra húmeda (kg)	915.84
Peso de la arena húmeda (kg)	802.52
Balance de agua en la piedra (kg)	0.0745
Balance de agua en la arena (kg)	0.0203
Contribución agua piedra (kg)	68.23
Contribución agua arena (kg)	16.29

Fuente: Elaboración propia, 2016

- Diseño final para 1m<sup>3</sup> de concreto

Tabla 29: Diseño final para para 1m<sup>3</sup> de concreto

Agua kg	120.479
Cemento kg	306
Piedra kg	915.842
Arena	802.517

Fuente: Elaboración propia, 2016

- **Se elaborarán 72 probetas de 15cm de alto y 10cm de diámetro obteniendo las siguientes cantidades de material**

Agua = 22.99kg

Cemento = 58.4 kg

Piedra = 174.8 kg

Arena = 153.2kg

#### 4.5. Dosificación de Aditivo

Según la hoja técnica (Anexo 3) la dosificación del aditivo plastificante es de 250 ml por cada 42.5 kg de cemento, con este resultado se obtiene que para 58.4kg de se necesita 343.5ml de aditivo plastificante y de acuerdo a los porcentajes considerados obtenemos los siguientes resultados:

Para una dosificación de 2%: 6.87 ml de aditivo plastificante

Para una dosificación de 4%: 13.74 ml de aditivo plastificante

#### 4.6. Coeficiente de Permeabilidad del concreto, mediante el permeámetro de carga variable (ACI 522, R)

Para la obtención de los coeficientes de permeabilidad utilizamos la siguiente fórmula:

$$K = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Dónde:

K: Coeficiente de permeabilidad (m/s).

A: Área de la muestra (m).

a: Área de la tubería de carga(m).

t : Tiempo en segundos que demora en pasar h<sub>2</sub>-h<sub>1</sub>

h<sub>1</sub>: Altura de agua medida del nivel de referencia (parte superior de la muestra (m).

h<sub>2</sub>: Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (0.01m).

L: longitud de la muestra

Tabla 30: Coeficiente de permeabilidad del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 7 días de curado.

Muestra	Porcentaje de aditivo	Coeficiente de Permeabilidad
M1	0	0.000185 m/s
M2	0	0.000197 m/s
M3	0	0.000204 m/s
M4	0	0.000185 m/s
M5	0	0.000204 m/s
M6	0	0.000185 m/s
M7	2	0.000185 m/s
M8	2	0.000179 m/s
M9	2	0.000173 m/s
M10	2	0.000168 m/s
M11	2	0.000179 m/s
M12	2	0.000179 m/s
M13	4	0.000155 m/s
M14	4	0.000159 m/s
M15	4	0.000155 m/s
M16	4	0.000159 m/s
M17	4	0.000151 m/s
M18	4	0.000163 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 31: Valores del promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 7 días de curado.

Muestra	Promedio del Coeficiente de Permeabilidad
Patrón	0.000193 m/s
Aditivo 2%	0.000177 m/s
Aditivo 4 %	0.000157 m/s

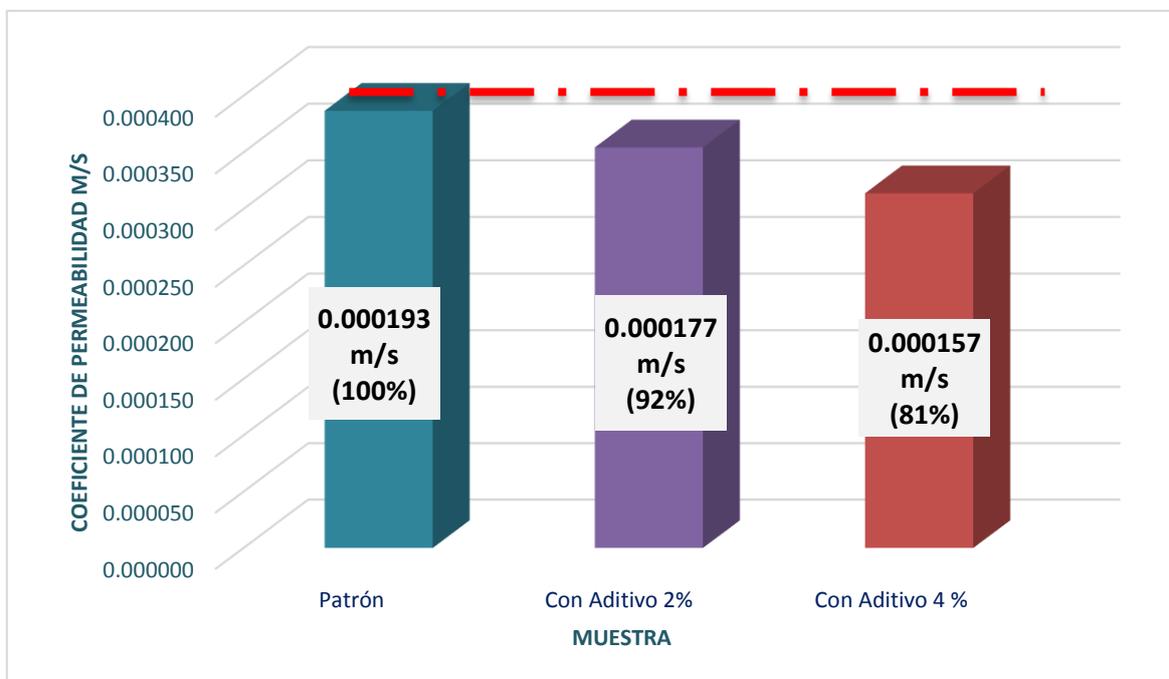
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 32: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 7 días de curado.

% Aditivo	Coefficiente de Permeabilidad promedio.	Porcentaje de permeabilidad	Diferencia con respecto al patrón
0%	0.000193 m/s	100	-
2%	0.000177 m/s	92	8
4%	0.000157 m/s	81	19

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 3: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 7 días de curado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 33: Coeficiente de permeabilidad del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días de curado.

Muestra	Porcentaje de aditivo	Coeficiente de Permeabilidad
M19	0	0.000147 m/s
M20	0	0.000147 m/s
M21	0	0.000143 m/s
M22	0	0.000155 m/s
M23	0	0.000151 m/s
M24	0	0.000151 m/s
M25	2	0.000133 m/s
M26	2	0.000140 m/s
M27	2	0.000127 m/s
M28	2	0.000130 m/s
M29	2	0.000133 m/s
M30	2	0.000130 m/s
M31	4	0.000119 m/s
M32	4	0.000122 m/s
M33	4	0.000122 m/s
M34	4	0.000119 m/s
M35	4	0.000122 m/s
M36	4	0.000119 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 34: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 14 días de curado.

Muestra	Coeficiente de Permeabilidad
Patrón	0.000149 m/s
Con aditivo 2%	0.000132 m/s
Con aditivo 4 %	0.000120 m/s

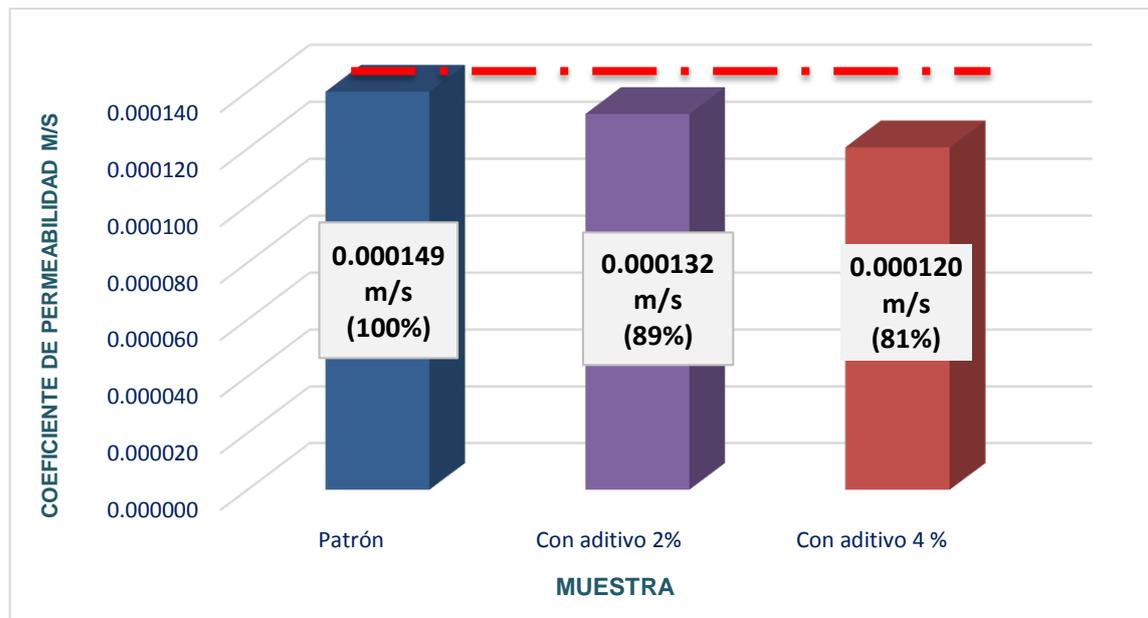
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 35: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 14 días de curado.

% Aditivo	Coefficiente de Permeabilidad promedio.	Porcentaje de permeabilidad	Diferencia con respecto al patrón
0%	0.000149 m/s	100	-
2%	0.000132 m/s	89	11
4%	0.000120 m/s	81	19

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 4: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 14 días de curado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 36: Coeficiente de permeabilidad del concreto  $f'c = 210 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , a los 21 días de curado.

Muestra	Porcentaje de aditivo	Coeficiente de Permeabilidad
M37	0	0.000119 m/s
M38	0	0.000112 m/s
M39	0	0.000114 m/s
M40	0	0.000119 m/s
M41	0	0.000091 m/s
M42	0	0.000100 m/s
M43	2	0.0000867 m/s
M44	2	0.000100 m/s
M45	2	0.0000938 m/s
M46	2	0.0000987 m/s
M47	2	0.0000970 m/s
M48	2	0.000100 m/s
M49	4	0.0000880 m/s
M50	4	0.0000854 m/s
M51	4	0.0000923 m/s
M52	4	0.0000829 m/s
M53	4	0.0000880 m/s
M54	4	0.0000854 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 37: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 21 días de curado.

Muestra	Coeficiente de Permeabilidad
Patrón	0.000109 m/s
Aditivo 2%	0.0000962 m/s
Aditivo 4 %	0.0000870 m/s

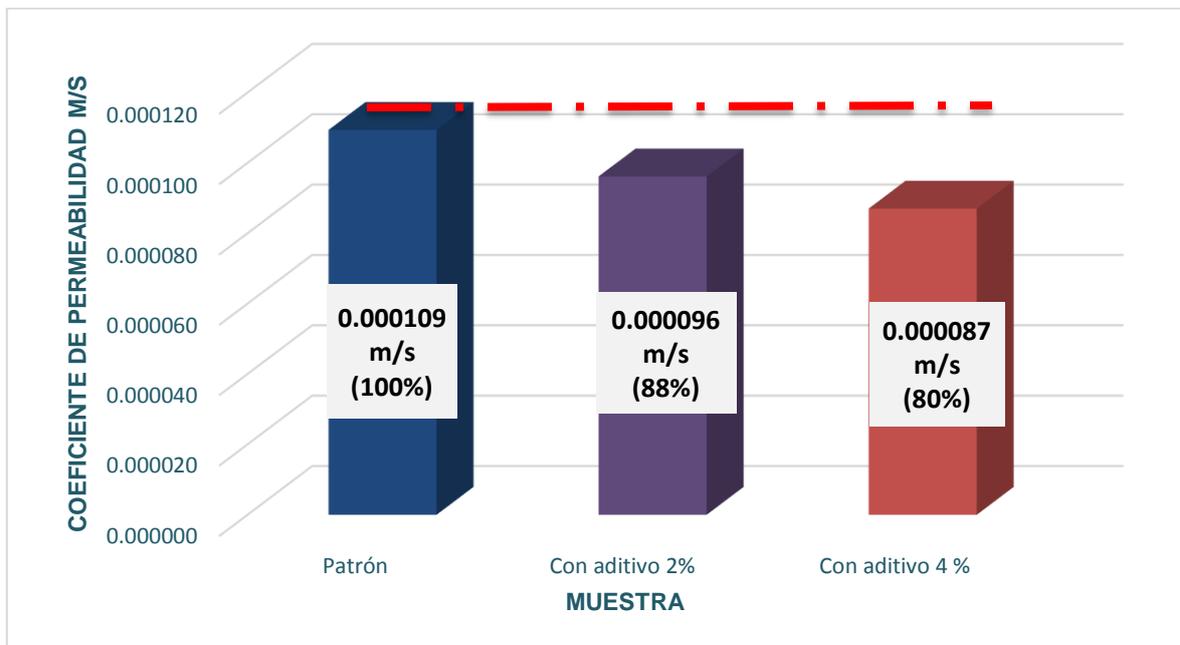
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 38: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 21 días de curado.

% Aditivo	Coefficiente de Permeabilidad promedio	Porcentaje de permeabilidad	Diferencia con respecto al patrón
0%	0.000109 m/s	100	-
2%	0.0000962 m/s	88	12
4%	0.0000870 m/s	80	20

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 5: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 21 días de curado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 39: Coeficiente de permeabilidad del concreto f'c = 210 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días de curado.

Muestra	Porcentaje de aditivo	Coeficiente de Permeabilidad
M55	0	0.0000795 m/s
M56	0	0.0000806 m/s
M57	0	0.0000773 m/s
M58	0	0.0000867 m/s
M59	0	0.0000829 m/s
M60	0	0.0000842 m/s
M61	2	0.0000567 m/s
M62	2	0.0000572 m/s
M63	2	0.0000578 m/s
M64	2	0.0000561 m/s
M65	2	0.0000590 m/s
M66	2	0.0000602 m/s
M67	4	0.0000465 m/s
M68	4	0.0000447 m/s
M69	4	0.0000498 m/s
M70	4	0.0000489 m/s
M71	4	0.0000485 m/s
M72	4	0.0000465 m/s

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 40: Valores promedio del coeficiente de permeabilidad, a los 28 días de curado.

Muestra	Coeficiente de Permeabilidad
Patrón	0.0000819 m/s
Aditivo 2%	0.0000578 m/s
Aditivo 4 %	0.0000475 m/s

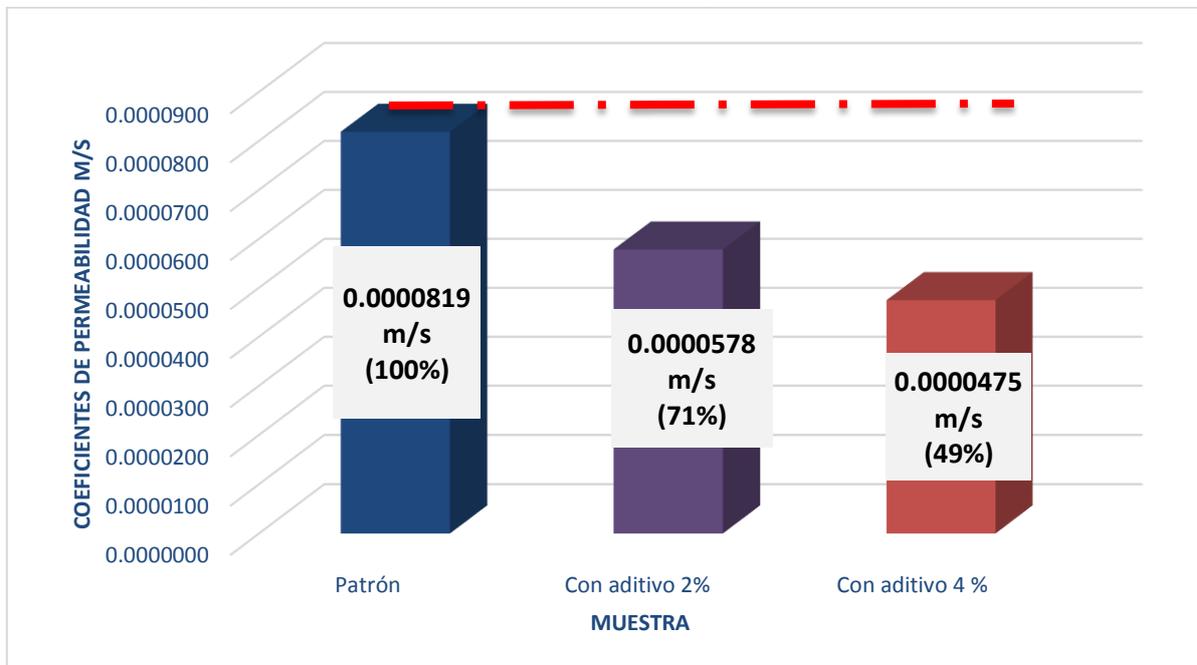
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Tabla 41: Comparación en porcentajes de los coeficientes de Permeabilidad a los 28 días de curado.

% Aditivo	Coficiente de Permeabilidad promedio	Porcentaje de permeabilidad	Diferencia con respecto al patrón
0%	0.0000819 m/s	100	-
2%	0.0000578 m/s	71	29
4%	0.0000475 m/s	58	42

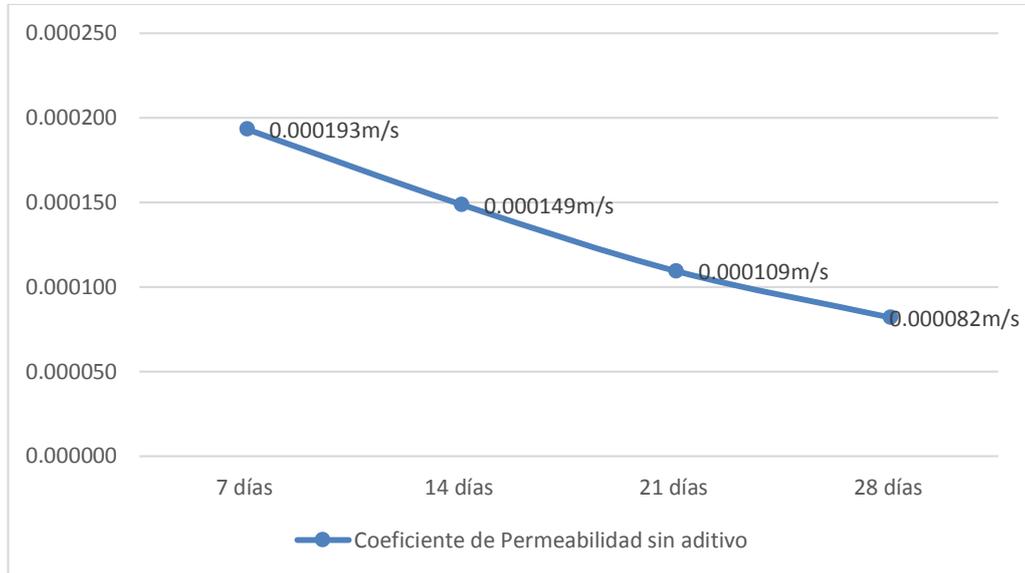
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 6: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 28 días de curado.



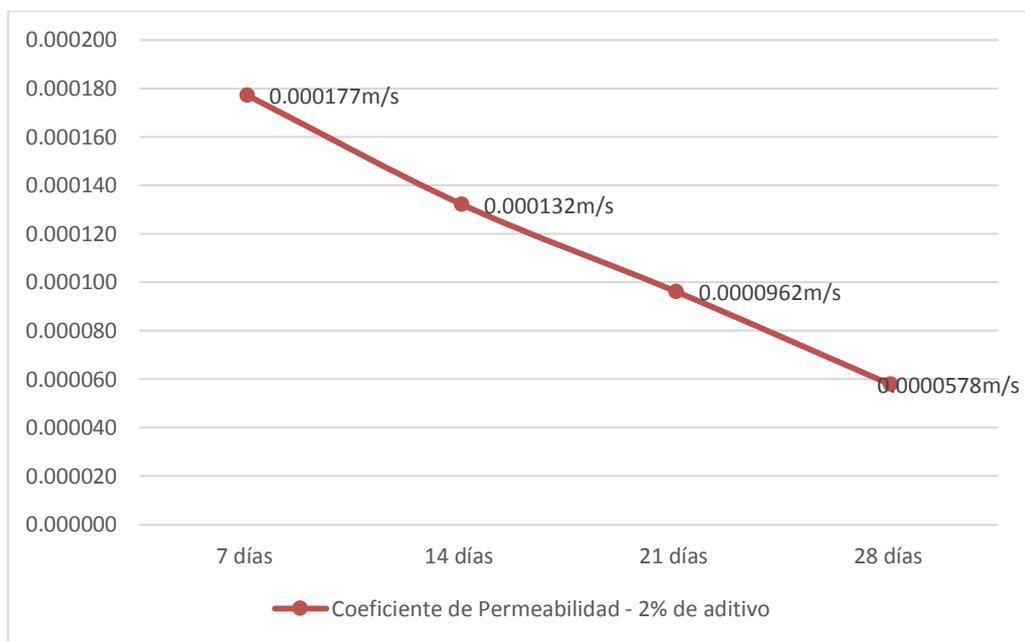
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 7: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, sin aditivo.



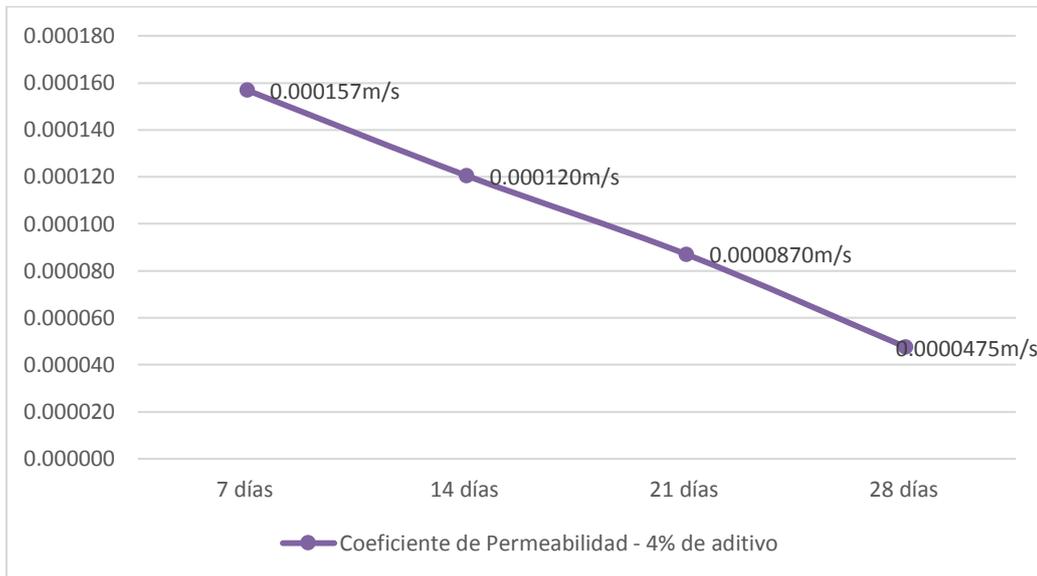
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 8: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 2% aditivo.



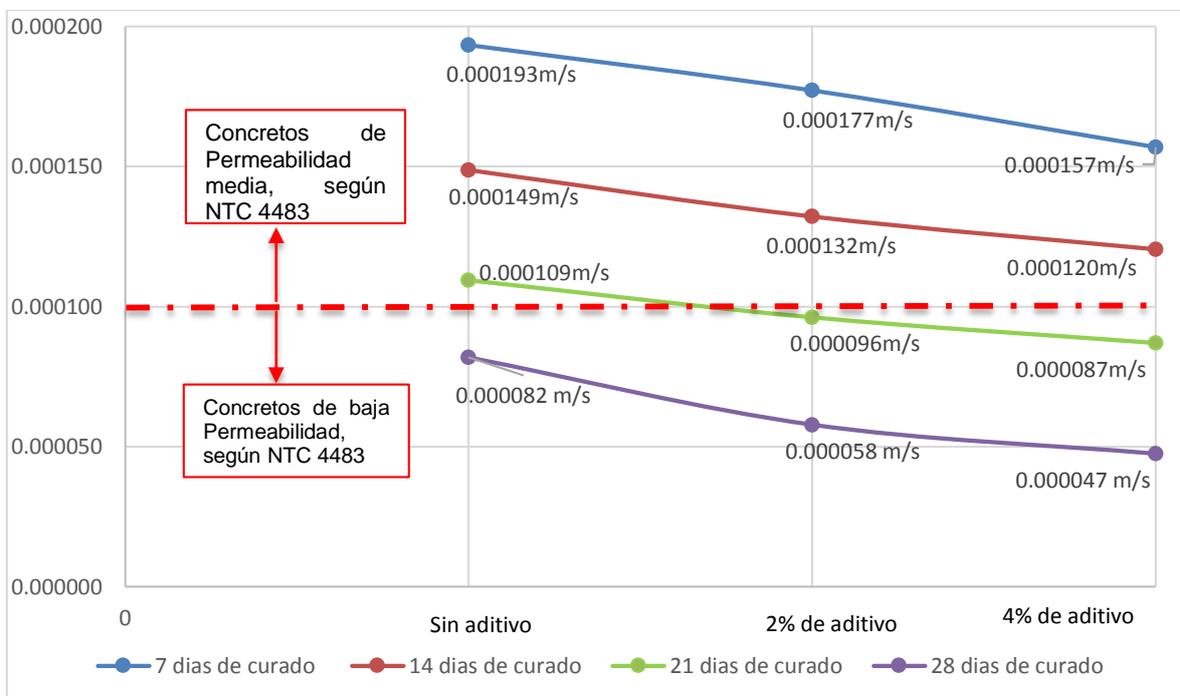
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 9: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 4% aditivo.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 10: Clasificación de la Permeabilidad del concreto según NTC 4483.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

## CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa la curva granulométrica del agregado fino, donde podemos observar que se encuentra dentro de los límites establecidos en la norma ASTM C33/ NTP 300.037 en su totalidad, por lo cual podemos decir que es una arena gradada, que puede ser utilizada para el diseño de mezclas.

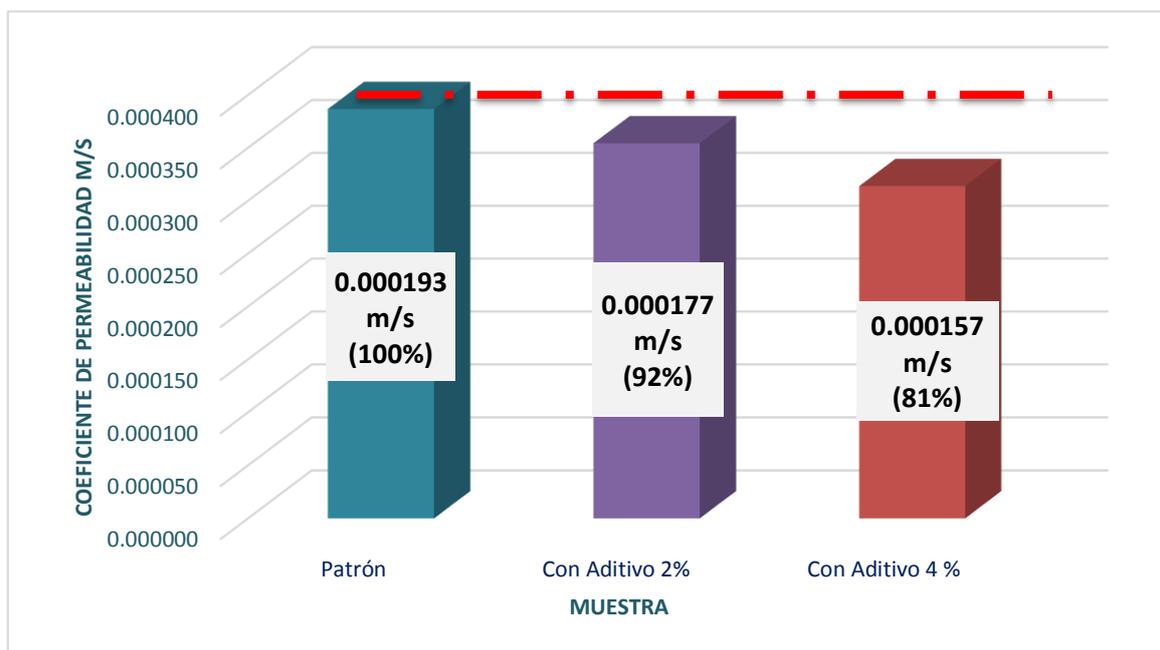
En la figura 2 tenemos la curva granulométrica del agregado grueso, donde se observa que cumple con los límites de la ASTM C33/ NTP 300.037 en su totalidad, ya que se encuentra dentro de dichos límites, además en la norma ASTM C125 definen el tamaño máximo nominal como el mayor tamiz por el cual la mayor parte de la muestra del agregado puede pasar, en este caso el tamaño de la partícula que predomina en la muestra es de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, obteniéndose así un huso # 67, es también un material gradado que se puede utilizar en el diseño de mezclas.

En la tabla 7 tenemos los resultados de los ensayos realizados del agregado fino, donde podemos observar que el resultado del porcentaje que pasa el tamiz # 200 es 2.12 % y según lo establecido en la NTP 300.037/ ASTM C33, este valor debe ser máximo 5%, por lo que el valor obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos, además se puede observar que para el ensayo del módulo de finura se obtuvo un resultado de 2.27 y según lo establecido en la norma NTP 300.037/ ASTM C33, este valor debe estar comprendido entre 2.1 y 3.1, por lo que el resultado obtenido se encuentra dentro de dichos parámetros, cabe recalcar que para los ensayos restantes del agregado fino, no se especifica los parámetros de los valores que deben cumplir, sin embargo van a servir para realizar el diseño de mezclas de concreto.

En la tabla 8 se presentan los resultados de los ensayos realizados al agregado grueso, que fueron comparados con la NTP 300.037/ ASTM C33, donde sólo especifica el valor máximo para el ensayo de abrasión el cual no debe superar el 50%, cabe recalcar que para realizar este ensayo se tuvo en cuenta el tamaño máximo nominal del agregado grueso que es  $\frac{3}{4}$  ", que sirve para clasificar el tipo de abrasión que como se puede observar en la tabla 4, del capítulo 3, viene a ser una abrasión tipo B, lo cual nos indica que se debe tomar una cantidad de muestra de 2500 gr de material de  $\frac{3}{4}$  " y 2500 gr. de material de  $\frac{1}{2}$  ", con estas cantidades se realiza el ensayo de abrasión en la máquina de los Ángeles, obteniendo un valor de 26.2 %, se puede decir que se encuentra dentro del límite especificado ya que no supera el 50%, además este resultado nos indica que el agregado grueso presenta dureza y tenacidad, cabe recalcar que para los ensayos restantes del agregado grueso, en dicha norma no especifica los parámetros de los valores que deben cumplir, sin embargo van a servir para realizar el diseño de mezclas de concreto.

De acuerdo al Gráfico 3 se puede observar la disminución del coeficiente de permeabilidad, a los 7 días de curado, se considera al concreto patrón con porcentaje de permeabilidad de 100% ya que con respecto a este se va a comparar los demás porcentajes, de esta manera, podemos ver que para 2% de aditivo se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 92% lo cual indica que la diferencia con respecto al patrón es de 8%, asimismo utilizando 4% de aditivo plastificante, se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 81% por lo que la diferencia con respecto al concreto patrón será de 19%. Esto se debe a que el concreto a edades tempranas de curado, para este caso 7 días, se encuentra en un proceso de hidratación, para lograr su endurecimiento, cabe recalcar que en este proceso de hidratación se requiere las condiciones de curado favorables así como el tiempo adecuado, además durante dicho proceso el concreto presenta poros capilares, los cuales generan un aumento de la permeabilidad y por lo tanto la capacidad de absorción de agua, cuando se adiciona aditivo plastificante éste actúa inmediatamente mejorando las propiedades del concreto tanto en su estado fresco como endurecido, de esta manera dicho aditivo permite la liberación y mejor distribución del agua del concreto, lo cual conlleva a la disminución de los poros capilares y por lo tanto la reducción de la permeabilidad.

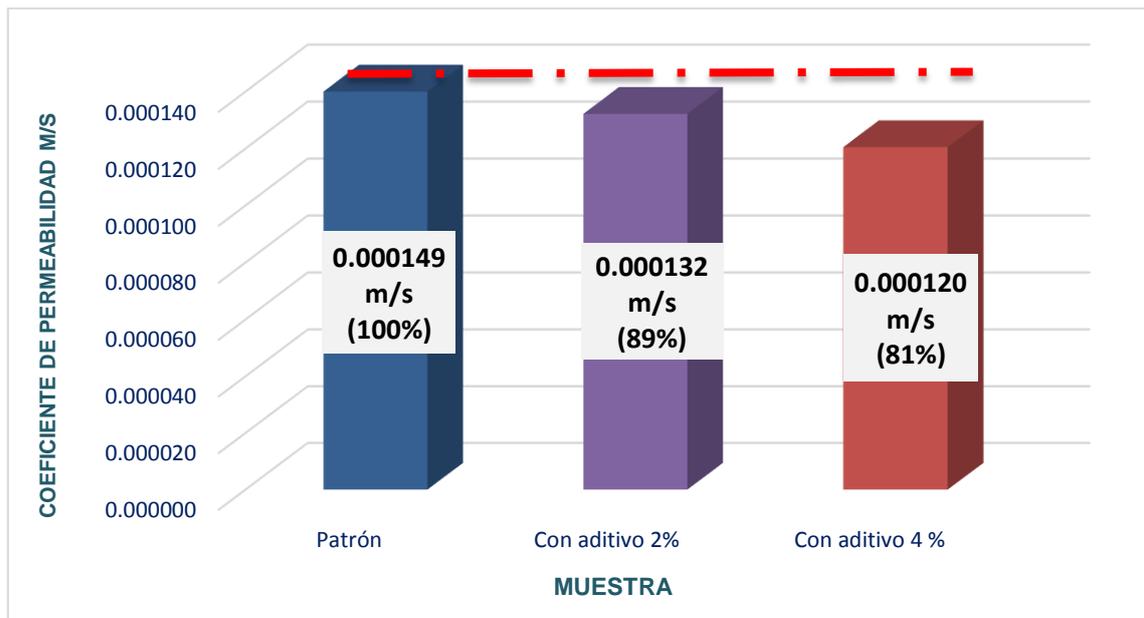
Gráfico 3: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 7 días de curado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el Gráfico 4 se observa la disminución del coeficiente de permeabilidad en porcentajes, a los 14 días de curado, para el concreto patrón se considera un porcentaje de permeabilidad de 100%, de esta manera podemos ver que para 2% de aditivo, se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 89%, esto indica una diferencia de 11% con respecto al concreto patrón, asimismo utilizando 4% de aditivo, se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 81%, por lo que la diferencia con respecto al concreto patrón es 19%, con estos resultados podemos ver que a los 14 días de curado el porcentaje del coeficiente de permeabilidad disminuye; sin embargo, existe una pequeña reducción de estos valores, con respecto a los 7 días, debido a que los tiempos de curado se dieron a edades tempranas, y como se mencionó anteriormente aún no ha finalizado su proceso de hidratación, lo cual genera que el concreto sea más permeable, y permite que el agua fluya con facilidad.

Gráfico 4: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 14 días de curado

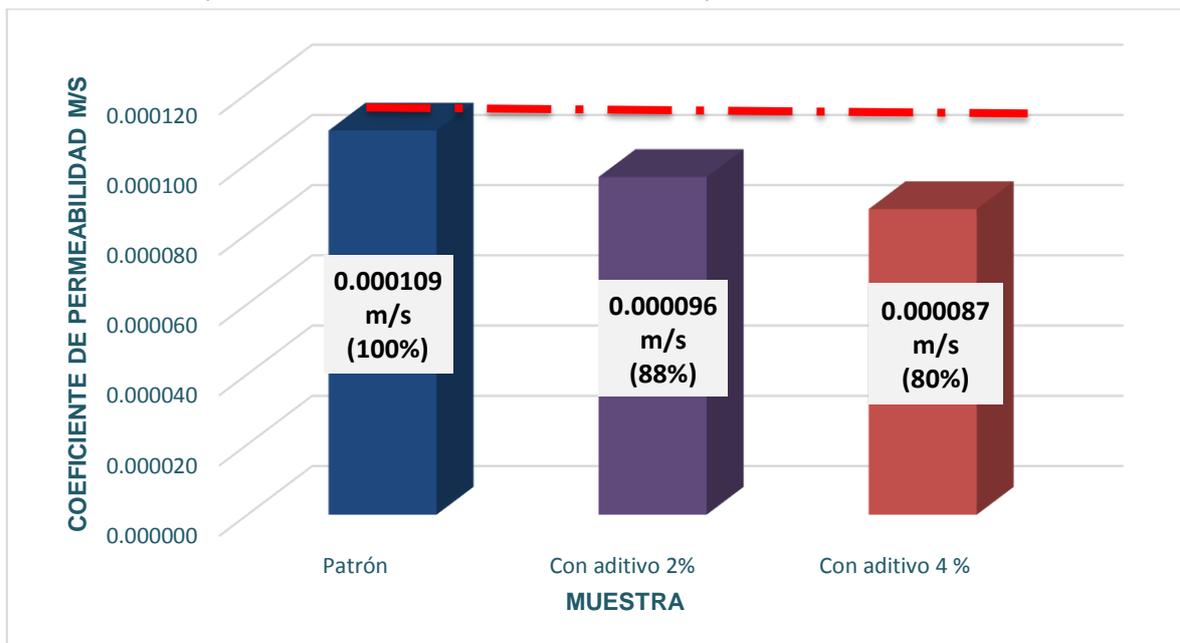


Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el Gráfico 5 se presentan los resultados del porcentaje de disminución del coeficiente de permeabilidad, a los 21 días de curado donde se observa que el concreto patrón tiene una porcentaje de permeabilidad de 100%, sin embargo al agregar 2% de aditivo se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 88%, esto indica una diferencia de 12% con respecto al concreto patrón y para 4% de aditivo se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 80%, dándonos una diferencia con respecto al concreto patrón de 20%, mediante la obtención de estos resultados, se observa que existe una disminución de la permeabilidad para 21 días de curado, esta reducción se da debido a que al adicionar aditivo plastificante a la mezcla de concreto, mejora una de sus propiedades en estado fresco que es la trabajabilidad, pues la aumenta, ya que dicho aditivo actúa básicamente

sobre la pasta de cemento, esto permite que la pasta de cemento fluya con mayor rapidez, esta fluidez además genera una disminución del agua y esto a su vez conlleva a que el agua no fluya con facilidad, lo cual genera la obtención de un coeficiente de menor permeabilidad.

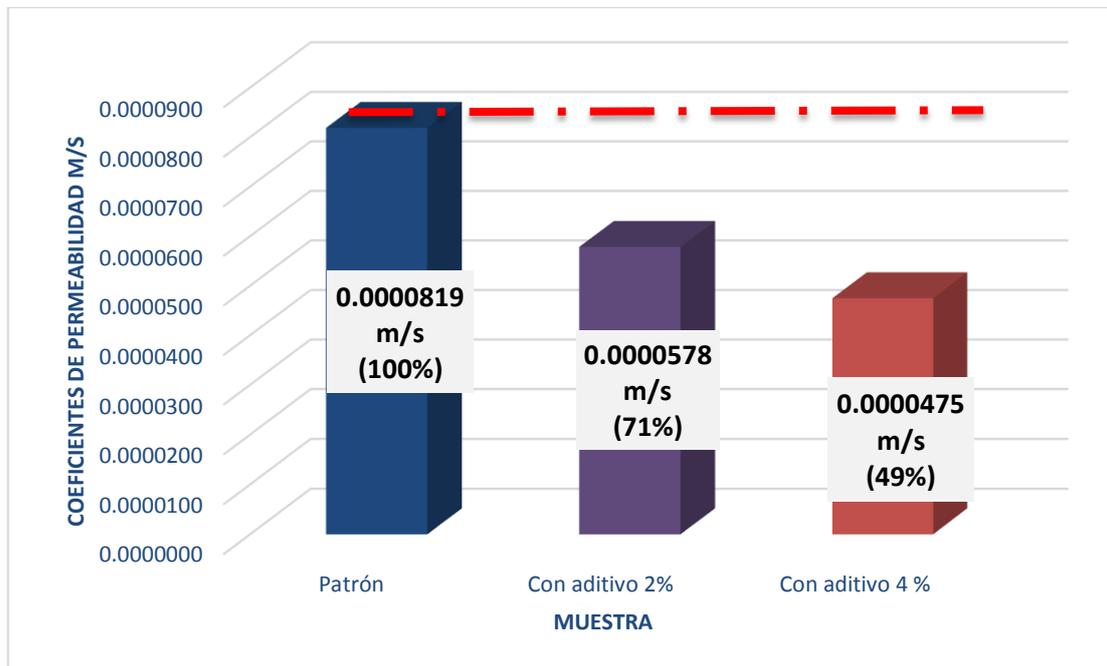
Gráfico 5: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 21 días de curado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el Gráfico 6, se presentan los resultados del porcentaje de disminución del coeficiente de permeabilidad, a los 28 días de curado, donde se observa que el concreto patrón tiene un porcentaje de permeabilidad de 100%, sin embargo al agregar 2% de aditivo se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 71%, esto indica una diferencia de 29% con respecto al concreto patrón y para 4% de aditivo se obtiene un porcentaje de permeabilidad de 58%, dándonos una diferencia con respecto al concreto patrón de 42%, se observa que a los 28 días el concreto patrón, adquiere una baja permeabilidad, debido a varios factores tales como, el adecuado tiempo de curado, además que en su estado fresco se realizó una adecuada compactación de la masa de concreto, con el fin de eliminar los vacíos, los cuales generan que el concreto sea débil y poco durable, además se puede decir que la disminución de la permeabilidad dependerá no solo de la adición de aditivo plastificante, sino que esta va de la mano de las consideraciones que se tiene al elaborar las probetas de concreto, en este caso de realizar una adecuada compactación.

Gráfico 6: Comparación de los valores del coeficiente de permeabilidad a los 28 días de curado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según Luco, 2009, en su artículo científico importancia del curado en la calidad del hormigón de recubrimiento, explica que en el caso de concretos de cemento Portland, prolongar el curado hasta la edad de 28 días solo aporta una leve reducción de la permeabilidad en un orden del 10%; en los resultados obtenidos en la presente tesis, con respecto al concreto patrón y con la adición de aditivo plastificante en 2% y 4%. para 7, 14 y 21 días de curado, la disminución de la permeabilidad varía entre un 8% a 20%, si se prolonga el tiempo de curado hasta los 28 días disminuye la permeabilidad en un 29% y 42%, comparando estos resultados, con lo que menciona Luco, 2009, podemos decir que en nuestro caso la permeabilidad del concreto va a disminuir en más del 10% debido a la adición del aditivo plastificante, lo cual permite que el concreto disminuya su permeabilidad, además podemos ver que no solo el aditivo plastificante es lo que genera una menor permeabilidad al concreto, sino también el tiempo de curado, por lo que es recomendable un tiempo mínimo de curado de 7 días, sin embargo el concreto va endureciéndose mientras mayor sea este tiempo, por esta razón se debe prolongar el tiempo de curado a 28 días, y como se puede ver en los datos obtenidos, se obtienen mejores resultados.

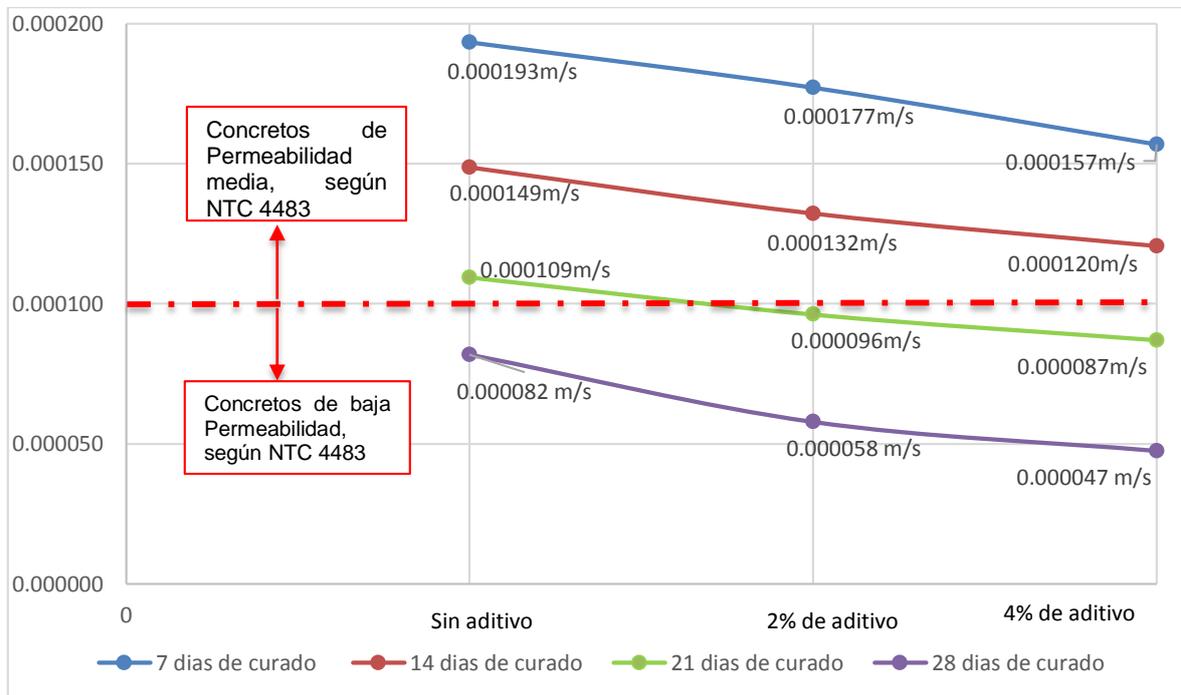
En el gráfico 10 observamos los valores de los coeficientes de permeabilidad obtenidos para 7, 14, 21 y 28 días de curado, tanto del concreto patrón, como del concreto con la adición de 2% y 4% de aditivo, los valores obtenidos fueron clasificados de acuerdo a la tabla 42 del anexo 7, donde nos indica los rangos de los niveles de permeabilidad del concreto, según la NTC 4483.

Para 7 días de curado, obtuvimos valores de 0.000193 m/s para el concreto patrón, 0.000177 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.000157 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante, con estos valores y según la NTC 4483, podemos clasificar al concreto con un nivel de permeabilidad media; para 14 días de curado, obtuvimos valores de 0.000149 m/s para el concreto patrón, 0.000132 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.000120, m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante con estos valores podemos clasificar al concreto con un nivel de permeabilidad media, con la obtención de estos resultados podemos ver que tanto para 7 y 14 días de curado se obtiene el mismo nivel de clasificación del concreto, ya sea para concreto patrón como con adición de 2% y 4% de aditivo plastificante, en el ensayo realizado se observó que para estos tiempos de curado el agua comenzaba a fluir con cierta rapidez por la probeta, para el caso del concreto con adición de aditivo al iniciar el ensayo el agua presentó rapidez al bajar los primeros 25 cm de agua aproximadamente y en los 5 cm de agua restantes presento menor rapidez, esto se da debido a la presión que existe, la cual va acompañada de la capacidad del concreto de permitir el paso del agua por éste, debido a que según su clasificación presenta una cantidad media de poros que permiten el paso del agua con cierta facilidad.

Para 21 días de curado, obtuvimos valores de 0.000109 m/s para el concreto patrón, 0.0000962 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.0000870 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante, con estos valores podemos clasificar al concreto patrón, como un concreto con un nivel de permeabilidad media, y al concreto con 2% y 4% de aditivo como un concreto con un nivel de baja permeabilidad, con esta clasificación podemos decir que el concreto patrón presenta mayor permeabilidad que el concreto con aditivo para 21 días de curado, esto debido a que al realizar los ensayos de las probetas en el caso del concreto patrón el agua bajaba con rapidez, sin embargo para el caso de los concretos con aditivo, al iniciar el ensayo el agua bajó con rapidez hasta aproximadamente 15 cm de altura y en los otros 15 cm. restantes el agua bajó con menor rapidez, debido a que el concreto cuenta con poca cantidad de poros, por lo cual existirá cierta demora para que el agua penetre por el concreto.

Para 28 días de curado, obtuvimos valores de 0.0000819 m/s para el concreto patrón, 0.0000578 m/s para el concreto con 2% de aditivo plastificante y 0.0000475 m/s para el concreto con 4% de aditivo plastificante, con estos valores podemos clasificar al concreto con un nivel de baja permeabilidad, es decir para este tiempo de curado tanto el concreto sin aditivo como el concreto con diferentes porcentajes de aditivo presentan menor permeabilidad, tal como se pudo ver en el ensayo realizado para el caso del concreto patrón el agua bajo aproximadamente 10 cm con rapidez y los 20 cm restantes lo hizo con cierta demora, sin embargo para el caso del concreto con aditivo en todo momento se pudo notar la demora del agua para penetrar por la probeta de concreto, lo cual indica que a esta edad de curado los poros van desapareciendo, dificultando que el agua fluya por el concreto.

Gráfico 10: Clasificación de la Permeabilidad del concreto según NTC 4483.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

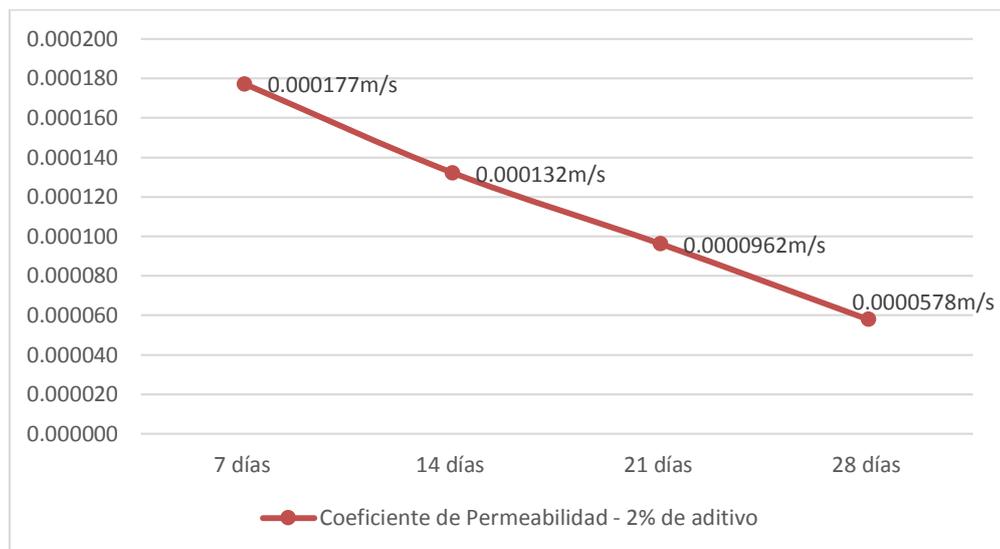
Según Arciniega, 2015, en su tesis Análisis del Comportamiento Mecánico, de Permeabilidad y de Deformaciones a Largo Plazo en Concretos de Ultra Alto Desempeño menciona que la influencia de la dosificación de aditivo superplastificante sobre la permeabilidad es más significativa en edades tempranas que a largo plazo.

En el gráfico 8 tenemos la comparación del coeficiente de permeabilidad, con la adición de 2% de aditivo plastificante, donde se puede observar que existe mayor permeabilidad a los 7 días de curado, esta permeabilidad disminuye progresivamente mientras aumenta el tiempo de curado, de igual forma en el gráfico 9 tenemos la comparación del coeficiente de permeabilidad, con la adición de 4% de aditivo plastificante, donde podemos observar que existe mayor permeabilidad a los 7 días de curado, además la permeabilidad va disminuyendo conforme se va aumentando el tiempo hasta llegar a los 28 días de curado.

Según la tesis mencionada anteriormente nos dice que existe mayor influencia del aditivo plastificante en cuanto a permeabilidad a edades tempranas, si bien es cierto a edades tempranas, existe una reducción de la permeabilidad, esto se da debido a que el aditivo plastificante acelera el fraguado del concreto, por esta razón que se presenta dicha reducción; sin embargo, en este trabajo de investigación se puede ver que a los 28 días, disminuye la permeabilidad en mayor cantidad, y por lo tanto la dosificación del aditivo a esta edad es más significativa; existen ciertos aspectos que

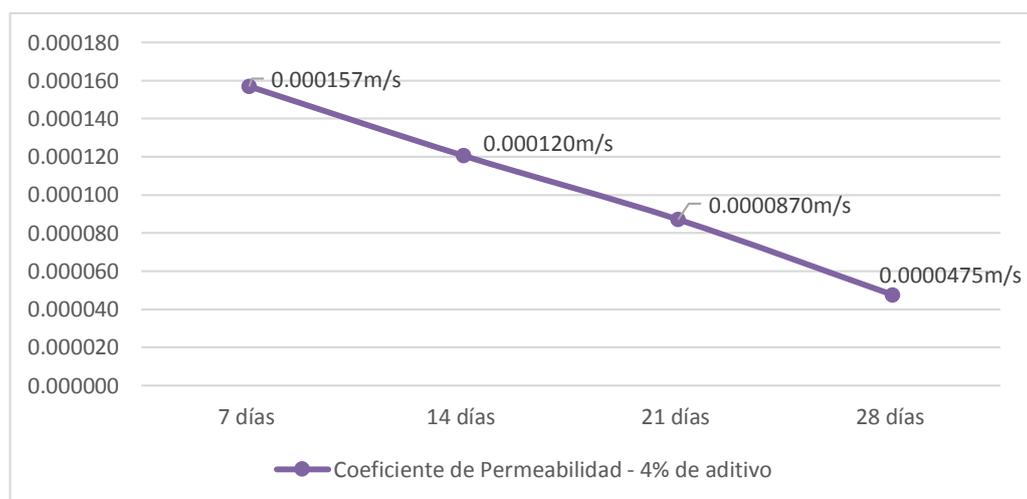
influye en los resultados uno de ellos vendría a ser la temperatura del agua de curado, ya que en las noches las temperaturas tienden a bajar lo cual aumenta el tiempo de fraguado, en las mañanas la temperatura es más elevada lo cual reduce el tiempo de fraguado, éste cambio produce que se retrase el proceso de endurecimiento del concreto, sin embargo el aditivo plastificante ayuda a mejorar esto ya que acelera el tiempo de fraguado del concreto.

Gráfico 8: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 2% aditivo.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Gráfico 9: Coeficientes de permeabilidad, a los diferentes días de curado, con 4% aditivo.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

Según Arrieta 2011, en su artículo científico Concreto Permeable. Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad, añadiendo rangos de 4 a 150 cm<sup>3</sup> de aditivo plastificante se obtiene una permeabilidad promedio de 150 cm/s para concreto poroso, según los resultados obtenidos para 2% y 4% de adición de aditivo que equivalen 1 y 2 cm<sup>3</sup>, y para 28 días de curado se obtiene una permeabilidad promedio de 0.0000578 m/s y 0.0000475 m/s respectivamente, esta gran diferencia de los resultados se da debido a que el concreto convencional se compone de agregado grueso, agregado fino, cemento, agua y además la adición del aditivo plastificante; el concreto permeable contiene poco o nada de agregado fino lo que crea un material poroso, que va a permitir que el agua fluya con gran facilidad y rapidez a través del concreto y por lo tanto genera una mayor permeabilidad con respecto al concreto convencional.

La permeabilidad es la cantidad de agua que migra a través del concreto, mientras que el agua está bajo presión, es por esta razón que el concreto usado en estructuras de retención de agua o expuestas a condiciones del tiempo u otras condiciones severas de exposición deben ser casi impermeables, por lo que la permeabilidad del concreto se debe de controlar, ya que un concreto muy permeable se carbonatará rápidamente, por tener poca resistencia a la penetración de los fluidos. Para obtener un concreto poco permeable son necesarios agregados de buena calidad, una pasta de cemento con relación agua/cemento baja, y la inclusión de aditivos.

## CONCLUSIONES

1. La hipótesis se cumple ya que al incorporar 2% y 4% de aditivo plastificante, la permeabilidad del concreto disminuye para 7 días de curado en un 8% y 19% respectivamente, a los 14 días de curado presenta una disminución de 11% y 19% respectivamente, para 21 días de curado la permeabilidad disminuye en 12% 20% y para 28 días de curado presenta una disminución de 29% para 2% de aditivo y 42% para 4% de aditivo.
2. Se determinaron las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, verificándose que los agregados de la cantera Chávez cumplen con lo establecido en cada norma.
3. Se realizó el diseño de mezclas mediante el método ACI 211 de la muestra patrón, y las muestras con 2% y 4% de adición de aditivo plastificante, obteniendo las siguientes proporciones:

## RECOMENDACIONES

- ✓ En esta tesis se expone la permeabilidad del concreto utilizando aditivo Sika® Cem Plastificante, lo cual deja un amplio campo de investigación utilizando otro tipo de aditivos y otra marca, que puede ser el aditivo Chema Megaplast 1000M de la marca Chema.
- ✓ En este caso se utilizó cemento Portland tipo 1, se podría ampliar más la investigación utilizando distintos tipos de cemento, los resultados podrían ser distintos.
- ✓ En la presente investigación los agregados que se utilizaron en los ensayos fueron de la cantera Chávez, por lo que se podría utilizar agregados de otras canteras.

## REFERENCIAS

1. A.C.I. (2002). *Manual of Concrete of Practice*. American Concrete Institute.
2. ACI522, R. (2006). *Permeámetro de carga variable*.
3. Alvarez, R. N. (2008). *Diseño por Durabilidad de Estructuras de Concreto*. México: Unidad Profesional Adolfo López Matos Zacatenco.
4. *Arch Daily*. (21 de Julio de 2014). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.archdaily.co/co/624276/materiales-hormigon-impermeable>
5. Arciniegas, F. &. (2015). *Trabajo de Grado: Análisis del Comportamiento Mecánico, de Permeabilidad y de Deformaciones a Largo Plazo en Concretos de Ultra Alto Desempeño UHPC*. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
6. Arrieta, R. F. (2011). Concreto Permeable. Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. *Portal de revistas académicas Universidad de Costa Rica*, 46.
7. Celis, R. L. (2006). *Durabilidad de la infraestructura de concreto reforzado expuesta a diferentes ambientes urbanos de México*. México Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural (CIVIE).
8. Díaz, V. G. (2009). *Manual de prácticas de Concreto Hidraulico*. Mexico Tesis FIC Universidad Veracruzana.
9. Hermida, G. (2009). *Concreto de Baja Permeabilidad*. Asociacion Argentina del hormigon elaborado.
10. Hermida, G. (31 de Agosto de 2013). *Asociación Argentina del Hormigón Elaborado*. Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.hormigonelaborado.com/default.asp?IDSEC=62&IDCONTPRI=1032>
11. Luco, L. F. (2009). IMPORTANCIA DEL CURADO EN LA CALIDAD DEL HORMIGÓN DE RECUBRIMIENTO. *SciELO*, 46.
12. Mattio, M. E. (2014). *LA permeabilidad al agua como parámetro para evaluar la durabilidad del hormigón*. Córdoba: universidad nacional de Córdoba facultad de ciencias exactas físicas y naturales.
13. NTP339.033. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima, Perú.
14. NTP339.047. (2014). *CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados*. - See more at: <http://www.asocem.org.pe/noticias-nacionales/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-referidas-a-cemento-concreto-y-agregados#sthash.6QY19jbN.dpuf>. Lima, Perú.

15. NTP339.185. (2002). *Contenido de humedad del agregado fino y grueso*. Lima, Perú.
16. NTP400.012. (2001). *AGREGADOS, Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú.
17. NTP400.017. (1999). *Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado* . Lima, Perú .
18. NTP400.018. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz 75µm(N°200) por lavado en agregados*. Lima, Perú.
19. NTP400.019. (2002). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño menores por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles* . Lima, Perú.
20. NTP400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado grueso*. Lima, Perú.
21. NTP400.022. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción de agregado fino*. Lima, Perú.
22. Pasquel, E. (1998). *TÓPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú.
23. Salvatierra, E. H. (2011). *Concreto de Alta Resistencia usando Aditivo Superplastificante, Microsilíce y Nanosilíce con Cemento Portland I*. Lima-Perú: Tesis de grado FIC Universidad Nacional de Ingeniería.
24. Santiago, P. E. (2011). *Monografía: Aditivos para el Concreto*. Veracruz.
25. Siancas, S. M. (2003). *TESIS ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE CONCRETO: MIXER Y DISPENSADOR*. Piura.

## ANEXOS

## ANEXO N ° 1: PANEL FOTOGRAFICO

**Fotografía 1:** Tamizando el agregado



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 2:** Realizando el lavado del agregado fino en la malla #200.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 3:** Realizando la compactación del agregado fino



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 4:** Agregando el agregado grueso para realizar la compactación



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 5:** Realizando la compactación del agregado grueso.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 6:** Realizando el enrasado del agregado grueso.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 7:** Realizando el ensayo de Abrasión



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 9:** Agitando la fiola que contiene el agregado fino y agua.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 10:** Colocando petróleo a las probetas para desmoldar con facilidad.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 11:** Elementos necesarios para realizar la mezcla de concreto.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 12:** Utilizando aditivo Sika Cem Plastificante.



*Fuente: Elaboración propia, 2016*

**Fotografía 13:** Incorporando todos los elementos para realizar la mezcla de concreto.



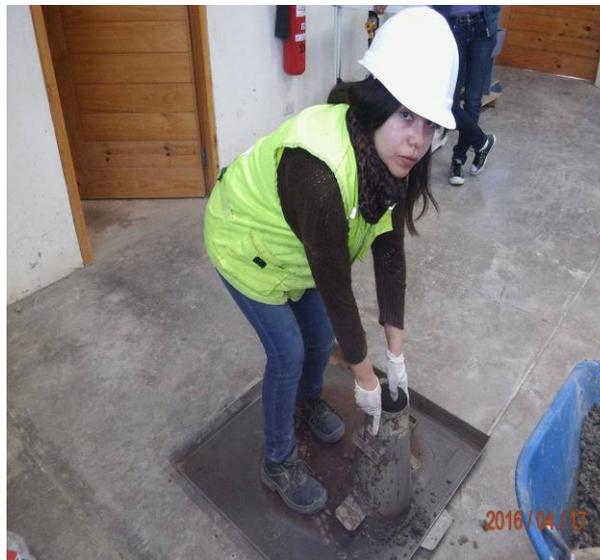
*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 14:** Mezcla de concreto en presencia de la Asesora.



*Fuente: Elaboración propia, 2016*

**Fotografía 15:** Realizando ensayo para verificar el Slump del concreto.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 16:** Midiendo el asentamiento del concreto.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 17:** Asentamiento obtenido de 3 pulgadas.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 18:** Compactando la mezcla de concreto en las probetas.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 19:** Asesora verificando las probetas de concreto.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 20:** Asesora verificando el permeámetro.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 21:** Permeámetro estipulado por el ACI 522.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 22:** Agregando agua al cilindro del permeámetro.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 23:** Muestra de concreto, siendo ensayada en el permeámetro, además se observa como el agua va saliendo por el tubo de drenaje



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 24:** Agua saliendo por el tubo de drenaje.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**Fotografía 25:** Asesora verificando el funcionamiento del permeámetro.



*Fuente: Elaboración propia, 2016.*

**ANEXO N ° 2:**  
**HOJA TÉCNICA - Sika® Cem Plastificante**

**ANEXO N ° 3:**  
**HOJA DE SEGURIDAD - Sika® Cem Plastificante**

**ANEXO N ° 4:**  
**PERMEÁMETRO ESTABLECIDO EN EL ACI 522-R**

## ANEXO N ° 5: Rango de los Coeficiente de Permeabilidad Según NTC 4483.

Tabla 42: Nivel de permeabilidad del concreto según el coeficiente de Darcy

Nivel de Permeabilidad	Coficiente de Darcy
Alta permeabilidad	$0 - 1.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
Permeabilidad media	$10^{-3} - 10^{-4} \text{ m/s}$
Baja permeabilidad	$10^{-5} - 10^{-6} \text{ m/s}$
Alta impermeabilidad	$10^{-6} - 10^{-7} \text{ m/s}$
Muy alta impermeabilidad	$10^{-7} - 10^{-9} \text{ m/s}$

Fuente: NTC 4483, 2002.

**ANEXO N ° 6:**  
**FORMATOS CON LOS DATOS OBTENIDOS**