

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia de concreto permeable  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  con  
adición de 10%, 15% y 20% de agregado fino – Huaraz**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero en ingeniería  
civil

**Autor:**

Ramírez Sanchez, Junior Américo

**Asesor:**

Ing. Miguel Ángel .Solar Jara

Huaraz - Perú

2018

**PALABRA CLAVE:**

TEMA	Diseño de mortero
ESPECIALIDAD	Tecnología del concreto

**KEY WORDS**

THEME	Concrete design
SPECIALTY	Concrete technology

**LINEAS DE INVESTIGACION**

área	2. ingeniería y tecnología
Sub-área	2.1 ingeniería civil
disciplina	ingeniería civil

**“Resistencia de concreto permeable  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  con  
adición de 10%, 15% y 20% de agregado fino – Huaraz”**

## **RESUMEN**

El propósito de la investigación fue conocer el la resistencia a la compresión con la adición del agregado fino al 10%, 15% y 20% para la elaboración del concreto permeable, estudio que se realizó en la ciudad de Huaraz, distrito y provincia de Huaraz, 2017,utilizando los agrados de la cantera tacllan y con el cemento tipo portland I, con el fin de conocer si podíamos llegar a un  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y comparar la resistencia respecto al testigo para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil.

Dentro de la metodología se determinó las propiedades físicas de agregado grueso y la granulometría del agregado fino, la cual cumple con los límites establecidos según norma ACI 522-R10, La relación A/C del mortero para el concreto patrón es 0.40, para la adición al 10% es 0.40, para la adición al 15% es 0.40 y para la adición al 20% de agregado fino es 0.40, y el contenido de vacíos de 20%. Se elaborará 36 probetas: 9 con 0% (patrón), 9 con 10%, 9 con 15% y 9 con 20% con adición de agregado fino. Se determinó la resistencia obteniendo respectivamente los siguientes resultados a los 28 días: patrón 103%, adición al 10%: 88%, adición al 15%: 85% y adición al 20% 81% Obteniendo una diferencia de 20% entre el concreto patrón y el concreto con adición al 20%.

## **ABSTRACT**

The purpose of the research was to know the compressive strength with the addition of fine aggregate at 10%, 15% and 20% for the production of permeable concrete, a study that was carried out in the city of Huaraz, district and province of Huaraz , 2017, using the likes of tacllan quarry and portland type I cement, in order to know if we could reach an  $F'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  and compare the resistance with respect to the control to be applied in the field of civil engineering.

Within the methodology was determined the tax properties of coarse aggregate and the granulometry of the fine aggregate, which complies with the established limits according to ACI 522-R10, The A / C ratio of the mortar for the standard concrete is 0.40, for the addition 10% is 0.40, for the 15% addition it is 0.40 and for the 20% addition of fine aggregate is 0.40, and the void content is 20%. 36 test pieces will be prepared: 9 with 0% (standard), 9 with 10%, 9 with 15% and 9 with 20% with addition of fine aggregate. Resistance was determined obtaining respectively the following results at 28 days: pattern 103%, addition to 10%: 88%, addition to 15%: 85% and addition to 20% 81% Obtaining a difference of 20% between the concrete pattern and concrete with 20% addition.

## ÍNDICE

<b>PALABRA CLAVE:</b> .....	I
<b>TITULO</b> .....	II
<b>RESUMEN</b> .....	III
<b>ABSTRACT</b> .....	IV
<b>ÍNDICE</b> .....	V
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b> .....	VIII
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. METODOLOGIA DEL TRABAJO</b> .....	14
<b>III. RESULTADOS</b> .....	19
<b>IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b> .....	45
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	47
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	48
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	49
<b>VIII. APENDICES Y ANEXOS</b> .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Variable dependiente.....	13
Tabla N° 02: Variable independiente.....	13
Tabla N° 03. Composición granulométrica del agregado fino .....	19
Tabla N° 04. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	20
Tabla N° 05. Peso unitario del agregado grueso .....	20
Tabla N° 06. Contenido de humedad del agregado grueso .....	20
Tabla N° 07. Peso unitario del agregado fino .....	21
Tabla N° 08. Gravedad específica y absorción del agregado fino .....	21
Tabla N° 09. Contenido de humedad del agregado fino.....	21
Tabla N° 10. Propiedades de los agregados.....	22
Tabla N° 11. Propiedades del agua y el cemento .....	22
Tabla N° 12. Volumen absoluto de los insumos.....	24
Tabla N° 13: Volumen de los materiales .....	24
Tabla N° 10. Propiedades de los agregados.....	22
Tabla N° 11. Propiedades del agua y el cemento .....	22
Tabla N° 12. Volumen absoluto de los insumos.....	24
Tabla N° 13: Volumen de los materiales .....	24
Tabla N° 14: Corrección de humedad, absorción y aporte.....	25
Tabla N° 15. Valores de diseño de humedad.....	25
Tabla N° 16. Proporciones de peso.....	25
Tabla N° 17. Proporciones de materiales para 01 probeta.....	26
Tabla N° 18: Proporciones de materiales para 01 probeta con 15% de desperdicio .	26
Tabla N° 19: Cálculo de materiales para 09 probetas.....	27
Tabla N° 20. Cálculo de volúmenes con % de finos .....	27
Tabla N° 21. Cálculo del agregado fino .....	27
Tabla N° 22. Propiedades del agua y el cemento .....	28
Tabla N° 23: Corrección por humedad .....	28
Tabla N° 24: Valores de diseño corregido por humedad.....	28
Tabla N° 25. Proporcionamiento de diseño de mezcla.....	29

Tabla N° 26. Proporcionamiento para 01 probeta .....	29
Tabla N° 27. Volumen con 15% de finos .....	30
Tabla N° 28: Cálculo de agregado fino al 15% .....	30
Tabla N° 29: Cálculo de insumos al 15% .....	30
Tabla N° 30. Corrección por humedad, absorción y aporte.....	31
Tabla N° 31. Valores de diseño corregidos por humedad .....	31
Tabla N° 32. Proporcionamiento de mezcla en peso .....	31
Tabla N° 33: Proporcionamiento de mezclas para 01 probeta.....	32
Tabla N° 34: Proporcionamiento de materiales para 01 probeta con 15% de desperdicio .....	32
Tabla N° 35. Proporcionamiento de materiales para 09 probetas.....	33
Tabla N° 36. Cálculo de volúmenes con 20% de finos .....	33
Tabla N° 37. Cálculo de agregado fino.....	33
Tabla N° 38: Cálculo de materiales .....	33
Tabla N° 39: Corrección por humedad, absorción y aporte .....	34
Tabla N° 40. Valores de diseño corregido por humedad.....	34
Tabla N° 41. Proporcionamiento de diseño de mezcla.....	34
Tabla N° 42. Proporcionamiento para 01 probeta .....	35
Tabla N° 43: Proporcionamiento para 01 probeta con 15% de desperdicio.....	35
Tabla N° 44: Proporcionamiento para 09 probetas.....	35
Tabla N° 45. Resultados de prueba a compresión (7 días) .....	36
Tabla N° 46. Resultados de prueba a compresión (14 días).....	37
Tabla N° 47. Resultados de prueba a compresión (28 días).....	38
Tabla N° 48: Resumen de los resultados de prueba de compresión .....	40
Tabla N° 49: Resultados de ensayo de permeabilidad.....	40
Tabla N° 50. Porcentaje de vacíos en estado endurecido .....	41
Tabla N° 51. Fórmulas de análisis de varianza.....	43
Tabla N° 52. Análisis de varianza para determinar las diferencias de resistencia de los concretos .....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Composición granulométrica del agregado fino (arena).....	19
Gráfico N° 02: Contenido de pasta .....	23
Gráfico N° 03: Comparación de ganancia de resistencia a los 7 y 14 días .....	37
Gráfico N° 04: Comparación de ganancia de resistencia a los 7, 14 y 28 días.....	23
Gráfico N° 05: Prueba de comparación a los 7 y 14 días .....	38
Gráfico N° 06: Prueba de comparación a los 7, 14 y 28 días .....	39

## I. INTRODUCCIÓN

El concreto permeable es un concreto de desempeño, fabricado en base a cantidades controladas de cemento, agregado grueso, agua y aditivos para crear una masa de partículas de agregado cubierta con una capa delgada de pasta. Una mezcla de concreto permeable contiene poca o ninguna arena, lo que crea un contenido de vacío substancial., logrando una configuración en su estructura que permite ciertas ventajas de funcionalidad como son la resistencia y permeabilidad.

En el Perú no se cuenta con el uso de este tipo de concreto por no alcanzar a la resistencia a compresión requerida para obras de ingeniería, pues como sabemos en nuestro medio es común el uso de un concreto que alcance una resistencia a compresión de  $175 \text{ kg/cm}^2$ , razón por el cual es un tema innovador para cubrir muchas necesidad en obras de ingeniería.

El agregado fino es un componente fundamental del concreto, por lo cual en el presente trabajo de investigación se pretende determinar la resistencia del concreto  $F'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  con la adición del agregado fino en un 10%, 15% y 20%, con arena proveniente de la cantera de Tacllán, distrito y provincia de Huaraz – 2017. Se verificará el comportamiento del concreto permeable al usar diferentes adiciones de agregado y de esa manera seleccionar el concreto permeable más eficiente según su el agregado a usarse.

Se realizaron ensayos comparativos entre el concreto patrón y concreto con adición en un 10%, 15% y 20% del agregado fino, para lo cual se realizaron 36 especímenes cilíndricos de concreto de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, conservando la relación A/C para los diferentes diseños, para un  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ . El cemento utilizado corresponde a un Cemento Portland y los agregados grueso y fino son de la cantera de Tacllán.

En los antecedentes se encontró que Pérez (2009) realizó un estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos donde busca estudiar el comportamiento en estado fresco y endurecido de las mezclas de concreto permeable y sentar las bases para la fabricación de concretos permeables con agregados andesíticos con un porcentaje de vacíos que cumplan los requisitos de permeabilidad y resistencia. Obteniendo que los resultados de los estudios realizados a las mezclas de concreto permeables diseñadas con 15% y 20% de vacíos elaboradas con agregados andesíticos si cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su utilización en pavimentos con tránsito ligero u otras aplicaciones. A demás obtuvo que las mezclas con 15% de vacíos resultaron con un promedio de 196 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a compresión, 20 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a tensión indirecta por compresión diametral, 41 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a flexión y 117,768 kg/cm<sup>2</sup> en módulo de elasticidad. Las mezclas con 20% de vacíos resultaron con un promedio de 165 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a compresión, 15 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a tensión indirecta por compresión diametral, 37 kg/cm<sup>2</sup> en resistencia a flexión y 105,378 kg/cm<sup>2</sup> en módulo de elasticidad.

Barahona (2013) en su trabajo de investigación titulada “Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras El Carmen, Aramuaca y La Pedrera, de la zona Oriental de El Salvador” realizó un estudio del comportamiento del concreto permeable en función del tipo de agregado grueso. Obteniendo resultados según las pruebas ejecutadas que el concreto más resistencia resultó ser de la cantera el Carmen con un porcentaje al 15% de vacíos y que el concreto con mayor permeabilidad resultó de la cantera La Pedrera con un porcentaje de vacíos del 25%. Según el análisis cualitativo que se ejecutó por medio de puntajes el concreto más eficiente fue el concreto de la cantera el Carmen con un porcentaje de vacíos del 15%.

Flores (2015) realizó una tesis titulada “Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno” donde evalúa la incidencia que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en las propiedades del concreto permeable  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno. Llegando a obtener resultados e indica que la incorporación de tiras de polipropileno (3 mm x 30 mm) en el diseño de mezcla de un concreto permeable diseñado para pavimentos  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno, mejora parcialmente las propiedades del mismo, específicamente su resistencia a la compresión. Se ha determinado que la adición de dichas tiras en dos porcentajes (de los tres estudiados), incrementa la resistencia a la compresión del concreto permeable. Además la resistencia a la compresión desarrollada a los 28 días por el concreto permeable elaborado con el diseño óptimo, aumenta en un 16.7% y 4.2%, al adicionar las Tiras de Polipropileno en 0.05% y 0.10% respectivamente. Mientras que al incorporar las tiras en un 0.15% disminuye su resistencia a la compresión en un 10.7%. Concluyendo que el óptimo porcentaje de incorporación de Tiras de Polipropileno es 0.05% respecto al peso de todos los materiales del diseño de mezclas.

Choque (2016) en su tesis “Evaluación de la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregados de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo superplastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>” evaluó el comportamiento de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso, utilizando agregado de las canteras Vicho y Zurite, suministrándole aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l, esto con la intención de mejorar la resistencia a compresión del concreto poroso. Logrando alcanzar la resistencia requerida de 210 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de 1.5% de aditivo súper plastificante añadido al concreto, y obteniendo una permeabilidad aceptable la cual se encuentra dentro del rango permisible indicado por la norma ACI-522R, en cual indica (0.14-1.22 cm/seg)

Guizado (2017) en su trabajo de investigación titulada “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noreste del Perú” elaboró quince mezclas que cumplían con la definición de concreto permeable utilizando las proporciones de materiales sugeridas por el ACI 522R10. Por ello utilizó agregado fino con contenido de vacíos de 15%, 17% y 19%; agregado grueso chancado de TMN ¾” (huso 67) y 3/8” (huso 8), y agregado grueso redondeado de TMN 3/8” (huso 8), y relación de a/A de 0.00 y 0.10. Concluyendo que el módulo de rotura en las mezclas de concreto permeable realizadas en esta investigación varían entre el 16% y el 22% de la resistencia a la compresión. En concreto convencional esta relación es entre 13% y 15% para resistencias entre 175 y 250 kg/cm<sup>2</sup>. La diferencia se debe a que el módulo de rotura del concreto permeable depende del contenido de vacíos al cual fue diseñado. Se sugiere diseñar con % vacíos menores a 21.5% para obtener como mínimo MR de 34 kg/cm<sup>2</sup>.

La presente investigación se fundamenta científicamente en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos recientes realizados sobre la resistencia del concreto permeable con la incorporación de agregados en porcentajes determinados.

La justificación de esta investigación tiene por finalidad determinar los efectos que tendrá la resistencia a la compresión de un concreto en el cual se incrementa el agregado fino en los porcentajes de 10%, 15% y 20%. Con el presente estudio se puede mejorar la construcción de la infraestructura vial con concretos permeables, el cual permite que el desarrollo urbanístico esté de la mano con la sostenibilidad. En este sentido el concreto permeable permite que su tecnología sea aplicada en vías ecológicas sustentables, donde se solucionan problemas de alcantarillado y/o alimentaciones de agua. Los escenarios en los cuales se podrían aplicar los modelos de recuperación del recurso hídrico

mediante un material como el concreto permeable son: playas de estacionamiento, vías de pocas transitabilidad, centros comerciales y empresas.

Este trabajo es un aporte a la ingeniería civil por que conoceremos la importancia del porcentaje adecuado de agregado fino en la elaboración de concreto, es allí donde se fundamenta nuestra investigación que a corto plazo sería interesante para la construcción, debido a las técnicas constructivas.

En el planteamiento del problema se indica que se presentan una serie de fenómenos en nuestro medio relacionados con la intensidad de lluvia, entre ellos se manifiesta los siguientes.

- La escorrentía que se genera en obras viales; dicho problema se genera debido a que el agua no sigue su ciclo natural, generando que las obras viales fallen. Se han instalados sistemas de drenaje para contrarrestar dicho problema, pero este sistema es susceptible a fallas.
- Las obras de drenaje no evacuan el agua de las superficies de las aceras, pasos peatonales y estacionamientos ocasionan problemas de estancamiento de aguas en las estructuras ya mencionadas; dicho suceso deteriora tales obras viales.
- Al ejecutar la construcción de nuevas vías de acceso nuevas (carreteras, calle o caminos) se está reduciendo la superficie que tiene el suelo para infiltrar el agua lluvia (suelos impermeables) lo que ocasiona una disminución del nivel freático de los mantos acuíferos.

En vista del conjunto de problemáticas antes mencionada, y percibir que no existen pruebas ni estudio del concreto permeable con los agregados más comunes de la zona norte de Huaraz, es indispensable el estudio del mismo en nuestro medio. Al investigar se obtendrán una serie características del concreto permeable con los agregados de la cantera de Taclán, a diferentes resistencias.

Por estos motivos se dispondrá a elaborar un concreto permeable en un concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  adicionando agregado fino en diferentes porcentajes

y se espera obtener una resistencia mayor o igual en la compresión del concreto testigo.

Para este trabajo se plantea el siguiente problema:

¿Cuál es la resistencia de concreto permeable de  $F'c=175 \text{ kg/cm}^2$  adicionando 10%, 15% y 20% de agregado fino?

El concreto es un material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Sanchez, 2001).

En su investigación indica Pasquel (2003) el concreto fresco posee las siguientes características:

- La trabajabilidad, es una propiedad muy importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.
- Durabilidad, el concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.
- Impermeabilidad, es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.
- Resistencia, es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Según Neville ( 1999) que las propiedades del concreto endurecido son:

- Curado, consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorias en el concreto durante un tiempo definido con el propósito que se desarrollen las propiedades deseadas.
- Velocidad de secado del concreto, el conocimiento de la velocidad de desecación (tasa de secado) es útil para entendimiento de las propiedades o condiciones físicas del concreto.
- Resistencia, es la carga que puede soportar el concreto por un área determinada.
- Permeabilidad, es la cantidad de agua que migra a través del concreto, mientras que el agua está bajo presión o la habilidad del concreto en resistir a la penetración del agua u otra sustancia (líquidos, gases o iones).
- Durabilidad, es la habilidad del concreto en resistir a la acción del ambiente, al ataque químico y a la abrasión, manteniendo sus propiedades de ingeniería.

Indica que algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades. (Pasquel ,2003)

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material

cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Sánchez, 2001).

El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón o mortero de cemento, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos, procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el clínker que compone el cemento. Este método de prueba se refiere a la determinación del tiempo de fraguado de las pastas de cementantes hidráulicos, midiendo su resistencia con el aparato Vicat, este método de prueba es aplicable a cualquier tipo de Cemento Pórtland que se ocupe para la elaboración de concreto (Sánchez, 2001).

Afirma que el curado es el proceso por el cual se busca mantener saturado el concreto hasta que los espacios de cemento fresco, originalmente llenos de agua sean reemplazados por los productos de la hidratación del cemento. El curado pretende controlar el movimiento de temperatura y humedad hacia dentro y hacia afuera del concreto. Busca también, evitar la contracción de fragua hasta que el concreto alcance una resistencia mínima que le permita soportar los esfuerzos inducidos por ésta. La falta de curado del concreto reduce drásticamente su resistencia. (Pasquel ,2003)

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie. Los agregados o áridos ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, su uso tiene la finalidad de disminuir costos, brindar resistencia a la aplicación de carga y a la abrasión, además contrarrestar la filtración de humedades y la acción de otros agentes externos (Neville, 1999).

En su investigación indica Sánchez (2001) los agregados se clasifican básicamente en agregado grueso y agregado fino.

- El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8" y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. Podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas.
- El agregado grueso es el material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosas.

Cementos materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. También podemos decir de manera general que el cemento es cualquier material que posee propiedades cohesivas (Abanto ,2007)

En su investigación según Neville (1999) menciona que el cemento está compuesto por:

- Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
- Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.
- Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.
- Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450 C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto, 2009).

Según Barahona (2013) el concreto permeable se encuentra dentro del espectro de los materiales ecológicos, ya que permite la filtración del agua al subsuelo logrando así la restauración de los mantos acuíferos. El material es sumamente durable, no degradable e increíblemente resistente manteniendo sus características de permeabilidad.

En cuanto a las propiedades en estado fresco del concreto permeable indica las siguientes:

- El asentamiento, es una propiedad que no define la calidad del concreto permeable a diferencia del concreto convencional, sin embargo sirve para adquirir conocimiento acerca de la manejabilidad de la mezcla. Los valores que se usaron en la investigación estaban dentro de los rangos convencionales.
- El peso unitario del concreto permeable es del orden del 70% del concreto convencional. Su determinación se hace de acuerdo con lo especificado en la ASTM C1688.
- Tiempo de fraguado, debido a la consistencia de la mezcla del concreto permeable el tiempo de fraguado se reduce, por lo que se debe de tener en cuenta la inclusión de aditivos que permitan la adecuada colocación.

Según Rivera (2007) en lo que corresponde al estado endurecido del concreto permeable, están las siguientes:

- Porosidad, es equivalente al porcentaje de vacíos o fracción de huecos dentro de la estructura de concreto, según investigaciones anteriores se establece que dicho porcentaje debe estar en el rango del 15% al 25% para denominar la estructura porosa.
- Permeabilidad, es la capacidad que tiene el concreto permeable de permitir el flujo de agua atravesar su interior con la característica de no alterar su estructura. Esta propiedad se puede alterar si no se tienen en cuenta los métodos de colocación para el concreto permeable, ya que al compactarse demasiado se pueden sellar los poros, haciendo que la fluidez de un líquido con la cual atraviesa su estructura se pierda.

El concreto permeable se usa principalmente para pavimentar superficies de uso vehicular y peatonal, en donde se requiera tener áreas permeables que permita que el agua de lluvia se infiltre libremente al subsuelo, con lo cual es posible además la reducción o eliminación de los drenajes pluviales (Choqqe, 2016).

Flores (2015) afirma que los sitios apropiados para la colocación de concreto permeable son áreas de alta permeabilidad, suelo natural con una gran conductividad hidráulica de 7 mm/hr. Además, las áreas no deberán tener pendientes mayores al 5%.

Según Guizado (2017), el concreto permeable tiene una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

- Vialidades con tráfico ligero
- Áreas de estacionamiento
- Andadores y banquetas
- Ciclistas
- Patios y jardines

- Capas rígidas de drenaje bajo áreas exteriores de grandes centros comerciales
- Pisos de invernaderos

**Tabla N° 01: Variable dependiente**

**Resistencia a la compresión**

<b>Variable dependiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicador</b>
Resistencia a la compresión	Es el máximo esfuerzo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento.	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga capaz de cumplir con las condiciones indicadas en la N.T.P.	Kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Propia.

**Tabla N°02: Variable independiente**

**Adición del agregado fino al 10%, 15% y 20%**

<b>Variable independiente</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Indicador</b>
Agregado fino	Es la parte del árido o material cerámico inerte que interviene en la composición del concreto.	Adición de un porcentaje de agregado fino a un diseño convencional de concreto.	%

**Fuente:** Propia.

La hipótesis planteada indica que cuando se incorpore agregado fino en porcentajes de 10%,15% y 20%, se mejorará la resistencia a la compresión del concreto permeable  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ .

El objetivo general es comparar la resistencia a la compresión de un concreto permeable  $f'c 175\text{kg/cm}^2$  con adición del 10%,15% Y 20% de agregado fino.

Entre los objetivos específicos tenemos:

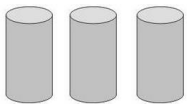
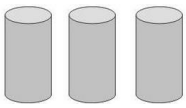
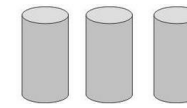
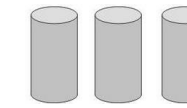
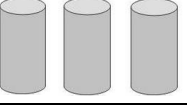
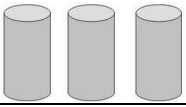
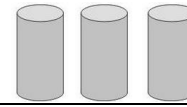
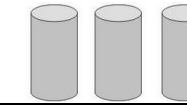
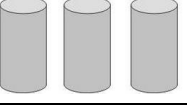
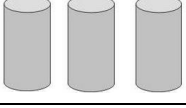
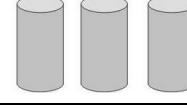
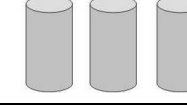
- ✓ Determinar las características físicas y mecánicas de los agregados.
- ✓ Determinar la relación de A/C del concreto permeable  $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ .
- ✓ Elaborar los especímenes de concreto permeable patrón y con la adición de 10%, 15% y 20 % de agregado fino.
- ✓ Determinar el contenido de vacíos en estado endurecido del patrón y con la adición de 10%, 15% y 20 % de agregado fino.
- ✓ Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable patrón y con la adición de 10%, 15% y 20 % de agregado fino.
- ✓ Determinar la permeabilidad para cada uno de los especímenes y el concreto patrón.
- ✓ Comprobar los resultados con validez estadístico.

## II. METODOLOGIA DEL TRABAJO

El tipo de investigación según el proceso es de tipo aplicada, puesto que la investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones a fin de conocer el efecto de la adición de agregado fino en un 10%, 15% y 20% en la resistencia del concreto.

En coherencia con el fin de la ciencia es de tipo explicativa puesto que los datos de la investigación han sido obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Se utiliza la experimentación.

**Cuadro N°03: Resumen del número de probetas sin adición de agregado fino y con adición de 10%, 15% y 20% vs. Los días de curado.**

Días de curado	Cuadro de probetas sin adición de agregado fino y con adición de 10%, 15% y 20% de agregado fino.			
	Patrón	10%	15%	20%
7				
14				
28				

**Fuente:** Elaboración propia.

Es un diseño experimental porque es un proceso en el cual hemos estudiado el diseño convencional del concreto ( $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ) en comparación con el nuevo diseño elaborado con la adición parcial de agregado fino, el estudio en su mayor parte se concentró en las pruebas realizadas en el Laboratorio de

Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro filial Huaraz, donde el investigador participó directamente en todos los procedimientos necesarios para la realización de los ensayos, obteniendo resultados de acuerdo a lo planeado en sus objetivos. Siendo su diseño de investigación el Diseño de bloque completamente al azar.

Para la realización de la presente investigación se tuvo como población de estudio al conjunto de todas las probetas de diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ . Para lo cual se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, entre otros.

Los agregados grueso y fino se obtuvieron de la cantera del río Santa ubicado en la localidad de Tacllán y el cemento de las tiendas comerciales de la ciudad de Huaraz.

La ubicación del material (agregado fino) se muestra en la siguiente imagen:

**Imagen 01.** Lugar de donde proviene la muestra.



**Fuente:** Google earth

Posee una altitud: 3047 m.s.n.m, latitud 9°32'34.31"S y longitud 77°32'4.79"O.

La muestra estuvo constituido por 36 probetas de concreto en su totalidad con un diseño de  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ . De los cuales 09 probetas de concreto son para el concreto patrón, 09 probetas de concreto con el 10% de adición de agregado fino, 09 probetas de concreto con el 15% de adición de agregado fino y 09 probetas de concreto con el 20% de adición de agregado fino de la cantera de Tacllán, del distrito y provincia de Huaraz.

**Cuadro N° 04: Técnica e instrumento usado.**

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Guía de observación. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas realizadas.

**Fuente:** Elaboración propia.

El instrumento utilizado fue una guía de observación para registrar las resistencias de las probetas patrón y experimentales y fichas de laboratorio para los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

Los datos obtenidos del laboratorio respecto a las resistencias a la compresión del concreto fueron ingresados a una hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se realizaron los cálculos matemáticos y en el Software estadístico SPSS versión 22.0 en español se realizó la prueba de hipótesis a través de la prueba estadística de la ANOVA.

## **MATERIALES Y PROCEDIMIENTO**

### **Materiales**

- Cemento Portland tipo I
- Agregado fino

- Agregado grueso
- Agua
- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Libros
- Cuaderno de apuntes
- Mezcladora de concreto
- Equipos de Laboratorio de Ensayo de Suelos
- Movilidad

### **Procedimiento**

Se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se acopió el agregado fino y agregado grueso de la cantera de Taclán, ubicado a 950 m al sur de Huaraz, distrito y provincia de Huaraz.
- Se realizó la adquisición del cemento portland tipo I de los locales comerciales.
- Se realizó el ensayo granulométrico del agregado fino; se utiliza piedra chancada de ½” para el agregado grueso, por lo cual no es necesario realizar dicha prueba para el agregado grueso.
- Se procedió a realizar el ensayo de gravedad específica y absorción de agregado fino.
- Se realizó el cálculo de peso unitario para el agregado grueso.
- Se procedió con el cálculo de contenido de humedad para el agregado grueso.
- Se realizaron ensayos de laboratorio para hallar el peso unitario del agregado fino.

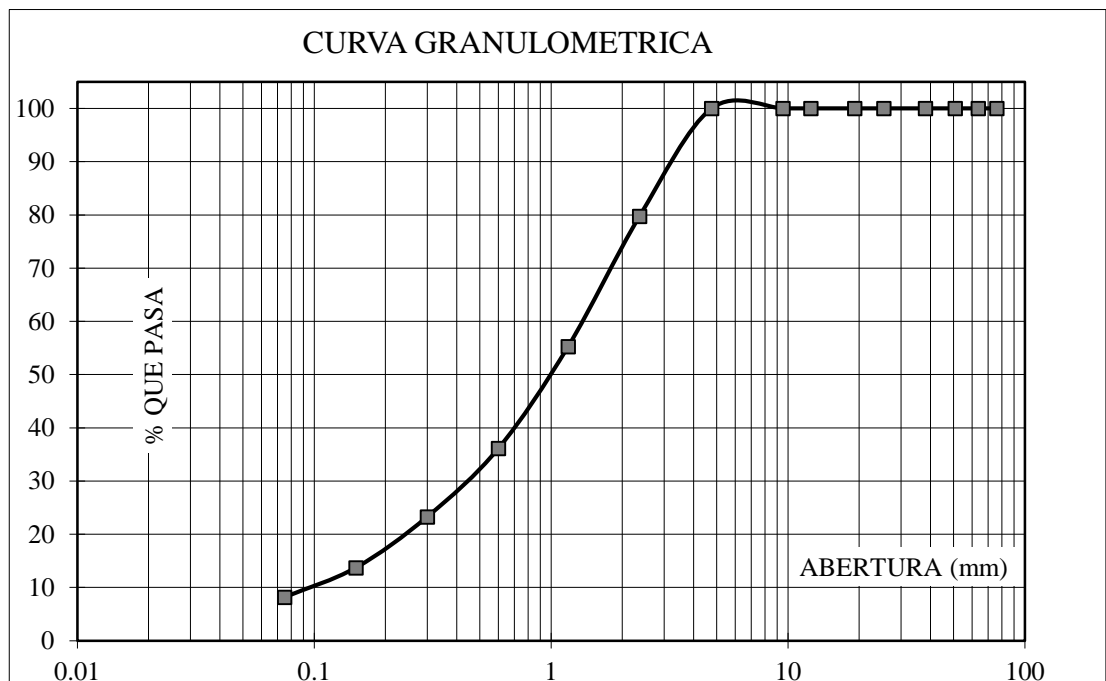
- Se calculó la gravedad específica y la absorción del agregado fino.
- Se realizaron ensayos de laboratorio para calcular el contenido de humedad del agregado fino.
- Se realizó el diseño de mezcla para concreto permeable, mediante el método ACI.
- Con los datos obtenidos se procedió a calcular la cantidad de material a usar por cada molde.
- Se procedió a realizar las probetas de concreto con la ayuda de una mezcladora de concreto.
- Se realizó el curado de las probetas en laboratorio de la Universidad San Pedro.
- Se hizo el pesaje de cada probeta, así como la medición de su diámetro (con la ayuda de un vernier) y su altura.
- Se procedió a realizar las roturas de las probetas a los 7, 14 y 28 días.
- Se calculó el porcentaje de vacíos del concreto permeable en estado endurecido.
- Se realizó el ensayo de permeabilidad usando un permeámetro de carga variable construido de acuerdo a las normas.
- Con la ganancia de resistencias calculadas se procedió a realizar el cuadro ANOVA.
- Se realizó la redacción de tesis con todos los datos que se obtuvo.

### III. RESULTADOS

**Tabla N°03:** Composición granulométrica del agregado fino (arena).

N°	TAMIZ Abert.(mm)	Peso retenido (gr.)	% ret. Parcial (%)	% ret. Acumu. (%)	% Que pasa (gr.)
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
½"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
⅜"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	157.5	6.0	6.0	94.0
N°8	2.36	335.5	12.7	18.6	81.4
N° 16	1.18	329.0	12.4	31.1	68.9
N° 30	0.60	524.5	19.8	50.9	49.1
N°50	0.30	618.5	23.4	74.3	25.7
N° 100	0.15	470.0	17.8	92.1	7.9
N° 200	0.08	157.0	5.9	98.0	2.0
PLATO	ASTM C-117-04	52.8	2.0	100.0	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>2644.8</b>	<b>100.0</b>		

**Fuente:** Elaboración propia.



**Gráfico N° 01:** Composición granulométrica del agregado fino (arena).

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 04:** Gravedad específica y absorción del agregado grueso.

<b>AGREGADO GRUESO</b>			
<b>IDENTIFICACIÓN</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
<b>A</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	781.00	841.00	952.00
<b>B</b> Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	496.90	478.00	594.90
<b>C</b> Vol. De Masas / Vol. de Vacíos = A - B	284.10	363.00	357.10
<b>D</b> Peso Mat. Seco en estufa (105° C)	774.70	831.50	943.30
<b>E</b> Vol. de Masa = C - ( A - D )	277.80	353.50	348.40
Pe Bulk (Base seca) = D/C	2.73	2.29	2.64
Pe Bulk (Base saturada) = A/C	2.75	2.32	2.67
Pe Aparente (Base seca) = D/E	2.79	2.35	2.71
% de Absorción = (( A - D ) / D ) x 100	0.81	1.14	0.92
<b>PROMEDIO</b>		<b>0.96</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N° 05:** Peso unitario del agregado grueso.

Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto			peso unitario compactado		
	I	II	III	I	II	III
<b>muestra N°</b>						
<b>peso de material + molde</b>	18,995.0	18,890.0	18,955.0	20,603.0	20,595.0	20,603.0
<b>peso del molde</b>	5,333.0	5,333.0	5,333.0	5,333.0	5,333.0	5,333.0
<b>peso del material</b>	13,662.0	13,557.0	13,622.0	15,270.0	15,262.0	15,270.0
<b>volumen del molde</b>	9,341.0	9,341.0	9,341.0	9,341.0	9,341.0	9,341.0
<b>peso unitario</b>	1.46	1.45	1.46	1.63	1.63	1.63
<b>PROMEDIO</b>		<b>1.46</b>			<b>1.63</b>	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°06:** Contenido de humedad del agregado grueso.

<b>AGREGADO GRUESO (1/2")</b>	
recipiente N°	11.00
peso de recp. + suelo humed.	849.80
peso de recp. + suelo seco	840.70
peso de recipiente (gr)	158.40
peso de agua	9.10
peso de suelo seco	682.30
humedad (W%)	1.34

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°07:** Peso unitario del agregado fino.

Tipo de Peso Unitario	peso unitario suelto			peso unitario compactado		
	I	II	III	I	II	III
muestra N°						
peso de material + molde	7,510	7,390	7,685	8,575	8,555	7,880
peso del molde	3,426	3,426	3,426	3,426	3,426	3,426
peso del material	4,084	3,964	4,259	5,149	5,129	4,454
volumen del molde	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776	2,776
peso unitario	1.47	1.43	1.53	1.85	1.85	1.6
<b>PROMEDIO (gr/cm3)</b>		1.497			1.767	

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°08:** Gravedad específica y absorción del agregado fino.

Gravedad específica y absorción de agregado fino		
Identificación		N°
<b>A</b>	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	300
<b>B</b>	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	670.9
<b>C</b>	Vol. De Masas / Vol. de Vacíos = A - B	970.9
<b>D</b>	Peso Mat. Seco en estufa (105° C)	774.7
<b>E</b>	Vol. de Masa = C - ( A - D )	1445.6
<b>F</b>	Pe Bulk (Base seca) = D/C	0.8
<b>G</b>	Pe Bulk (Base saturada) = A/C	2.65
	Pe Aparente (Base seca) = D/E	0.54
	% de Absorción = (( A - D ) / D ) x 100	2.1
<b>PROMEDIO</b>		<b>2.1</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°09:** Contenido de humedad del agregado fino.

Contenido de humedad ASTM D-2216-71			
muestra	fina		
N° DE RECIPIENTE	45	13	46
1.-Peso recipiente + suelo húmedo	963.5	985	974.6
2.- peso recipiente +suelo seco	922.1	945	975.9
3.-peso del agua = (1)-(2)	41.4	40	-1.3
4.-peso recipiente (gr)	172.7	165.8	175.4
5.-peso suelo seco = (2)-(4)	749.4	779.2	800.5
6.-humedad = (3)/(5)*100 (%)	5.524	5.133	-0.162
<b>PROMEDIO</b>		3.498	

**Fuente:** Elaboración propia.

## CÁLCULO DE CANTIDAD DE MATERIALES

### DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PERMEABLE

(CURVA NATURAL - HUSO N° 6)

### DATOS DEL LABORATORIO PARA EL DISEÑO

AGREGADO : CANTERA TACLLAN

**Tabla N°10:** Propiedades de los agregados.

PROPIEDADES	AG. GRUESO	ARENA FINA	UND
TMN	3/4"	N°4	
PESO ESPECIFICO	2649	2702	kg/m <sup>3</sup>
PESO ESPECIFICO SSS	2.56	2.65	kg/m <sup>4</sup>
PESO UNITARIO SUELTO	1463	1497	kg/m <sup>5</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO	1623	1767	kg/m <sup>6</sup>
ABSORCION	0.96	2.1	%
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.34	3.5	%

**Fuente:** Elaboración propia.

Cemento : sol tipo I

Agua : potable

**Tabla N°11:** Propiedades del agua y el cemento.

Propiedades	valor	und
<b>peso especific. de cemento</b>	3.15	gr/cm <sup>3</sup>
<b>peso especific.de agua</b>	1	gr/cm <sup>4</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

### CRITERIO DEL DISEÑO

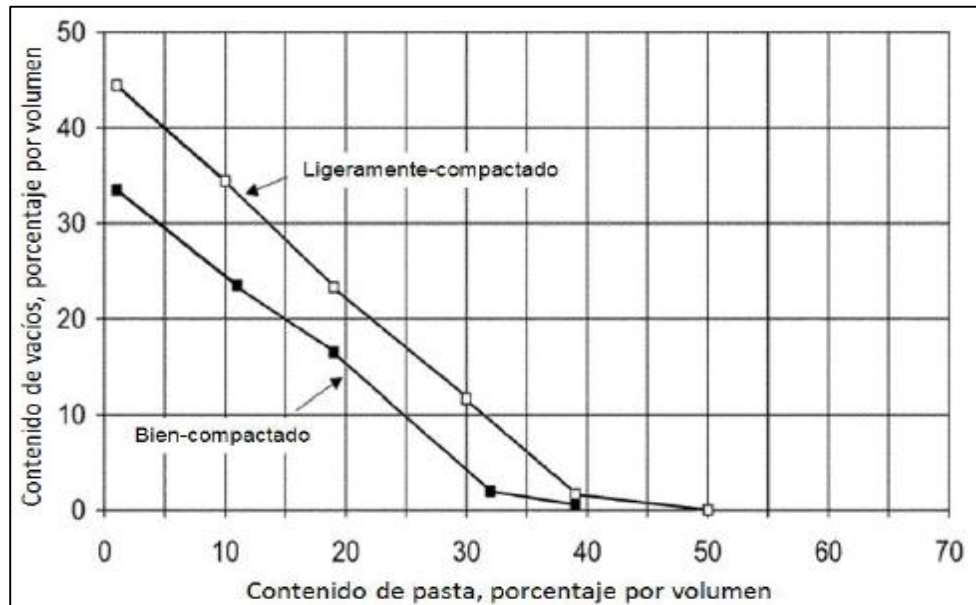
% DE AGREGADO FINO : 10%

#### 1. ELECCION DE PORCENTAJE DE VACIOS

PARA  $F'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

el contenido de aire es 20 %  
aprox.

## 2. ELECCION DEL VOLUMEN DE LA PASTA



**Gráfico N° 02:** Contenido de pasta.

**Fuente:** Elaboración propia.

PARA 20 % DE VACIOS EL CONTENIDO DE LA PASTA ES 17  
POR LO TANTO EL VOLUMEN DE LA PASTA ES 15

### 3 ELECCION DE LA RELACION AGUA Y CEMENTO ( a/c) Según ( ACI -522R -10 Y ACI 211.3R -02)

La relación a/c va desde 0.35-0.45

Entonces  $a/c = 0.40$

### 4 DETERMINACION DE LOS PESOS DE AGUA Y CEMENTO

Como se va adicionar de agregado fino entonces el

porcentaje de volumen de la pasta será 15

Fórmula

$$V_p = V_c + V_a$$

Donde :

$V_p$  = volumen de la pasta

$V_c$  = volumen de cemento

$V_a$  = volumen de agua

sabemos que :

$P_{ec} = 3.15$

$P_{ew} = 1$

$a/c = 0.40$

$v_p = 0.15$

## 5. CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS SIN FINOS

**Tabla N°12:** Volumen absoluto de insumos.

	Pesos SSS	P.e ( kg/cm <sup>3</sup> )	volumen
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>vacios</b>			0.200
		parcial	0.350
<b>ag. Grueso</b>	1664	2560	0.650
		TOTAL	1.000

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°13:** Volumen de los materiales.

	Pesos. SSS	P.e ( kg/cm <sup>3</sup> )	volumen
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>AG.fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag.grueso</b>	1497.6	2560	0.585
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>vacios</b>			0.200
		TOTAL	1.000

**Fuente:** Elaboración propia.

$A/C = 0.4$

$A.G/C = 7.16$

## 6. CORRECCION POR HUMEDAD ,ABSORCION Y APORTE

**Tabla N°14:** Corrección de humedad, absorción y aporte.

AG. GRUESO
------------

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	1.34
<b>ABSORCION (%)</b>	0.96
<b>APORTE</b>	6.32

Fuente: Elaboración propia.

## 7. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

Tabla N°15: Valores de diseño de humedad.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	209.1	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	1686.298	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	77.3	Kg/m3

Fuente: Elaboración propia.

## 8. PROPORCIONES DEL DISEÑO DE MEZCLA EN PESO

Tabla N°16: Proporciones de peso.

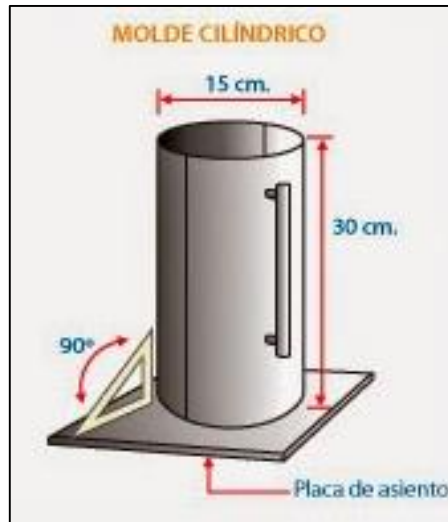
	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	8.065	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.37	Kg/m3
<b>AGIA EFECT. POR 1 BOL DE CEMENTO</b>	15.711	Kg/m3

Fuente: Elaboración propia.

### Dimensiones del molde para la elaboración de probetas

Díámetro = 15 cm

Altura = 30 cm



**Figura 02:** Probeta usada en la investigación.

## 9. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG)

**Tabla N°17:** Proporciones de materiales para 01 probeta.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.109	Kg/m <sup>3</sup>
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	8.94	Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.410	Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA EFECT. POR 1 BOL DE CEMENTO</b>	10.459	Kg/m <sup>3</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 10. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG) CON 15% DE DESPERDICIO

**Tabla N°18:** Proporciones de materiales para 01 probeta con 15% de desperdicio.

	CANTIDADES	UND
CEMENTO	1.275	Kg/m <sup>3</sup>
AG. GRUESO HUMEDO	10.281	Kg/m <sup>3</sup>
AGUA EFECTIVA	0.472	Kg/m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>12.028</b>	<b>KG</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**11. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 9 PROBETA (KG)**

**Tabla N°19:** Cálculo de cantidad de materiales para 9 probetas.

	CANTIDADES	UND
CEMENTO	11.475	Kg/m3
AG. GRUESO HUMEDO	92.529	Kg/m3
AGUA EFECTIVA	4.248	Kg/m3
TORAL	108.252	KG

**Fuente:** Elaboración propia.

**12. Cálculo de volúmenes absolutos con 10% de finos**

**Tabla N° 20:** Cálculo de volúmenes con % de finos.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>Agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>Cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>Vacios</b>			0.200
		parcial	0.350
		ag. Grueso	0.650
		TOTAL	1.000

**Fuente:** Elaboración propia.

**CALCULO DE AGREGADO FINO (10%)**

**Tabla N°21:** Cálculo del agregado fino.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>AG.fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag.grueso corregido</b>	1497.6	2560	0.585

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°22:** Propiedades del agua y el cemento.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>Ag. fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag. grueso</b>	1497.6	2560	0.585
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>vacíos</b>			0.200
		<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

$$A/C = 0.4$$

$$A.G./C = 7.16$$

### 13. CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE

**Tabla N°23:** Corrección por humedad.

	AG. GRUESO	AG. FINO
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	1.34	3.5
<b>ABSORCION (%)</b>	0.96	2.1
<b>APORTE</b>	5.69	2.41

**Fuente:** Elaboración propia.

### 14. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

**Tabla N°24:** Valores de diseño corregido por humedad.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	209.1	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	178.29	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	1517.668	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	75.52	Kg/m3

**Fuente:** Elaboración propia.

## 15. PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO MEZCLA EN PESO

Tabla N°25: Proporcionamiento de diseño de mezcla.

	CANTIDADES CORREGIDAS	UND
<b>CEMENTO</b>	1	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	0.853	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	7.258	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.361	lt
<b>Agua efect. Por 1 bol. De cemento</b>	15.35	lt

Fuente: Elaboración propia.

## 16. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG)

Tabla N°26: Proporcionamiento para 01 probeta.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.109	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	0.945	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	8.094	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.41	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>10.547</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 17. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG) CON 15 % DE DESPERDICIO

Tabla N°27: Cantidad de materiales para 01 probeta.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.275	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	1.087	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	10.281	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.472	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>13.115</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 18. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 9 PROBETA (KG)

**Tabla N°28:** Cantidad de materiales para 09 probetas.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	11.4.78	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	9.781	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	92.529	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	4.244	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>118.031</b>	<b>KG</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 19. Cálculo de volúmenes absolutos con 15% de finos

**Tabla N°29:** Volumen con 15% de finos.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>vacios</b>			0.200
		parcial	0.350
		ag. Grueso	0.650
		<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

## 20 CALCULO DE AGREGADO FINO (15 % )

**Tabla N°30:** Cálculo de agregado fino al 15%.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>Ag. fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag.grueso corregido</b>	1497.6	2560	0.585

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°31:** Cálculo de insumos al 15%.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>AG.fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag.grueso</b>	1497.6	2560	0.585
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>vacíos</b>			0.200
		<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

A/C = 0.4

A.G./C = 7.16

## 21 CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE

**Tabla N°32: Corrección por humedad, absorción y aporte.**

	AG. GRUESO	AG. FINO
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ( %)</b>	1.34	3.5
<b>ABSORCION (%)</b>	0.96	2.1
<b>APORTE</b>	5.69	2.41

**Fuente:** Elaboración propia.

## 22 VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

**Tabla N°33: Valores de diseño corregidos por humedad.**

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.180	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	1.140	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	7.599	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.395	Kg/m3

**Fuente:** Elaboración propia.

## 23 PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO MEZCLA EN PESO

**Tabla N°34: Proporcionamiento de mezcla en peso.**

	CANTIDADES CORREGIDAS	UND
<b>CEMENTO</b>	1	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	0.853	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	7.258	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.361	lt
<b>Agua efect. Por 1 bol. decemento</b>	15.35	lt

**Fuente:** Elaboración propia.

## 24 PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG)

**Tabla N°35:** Proporcionamiento de materiales para 01 probeta.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.109	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	1.40	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	8.94	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.41	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>10.547</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 25. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG) CON 15 % DE DESPERDICIO

**Tabla N°36:** Proporcionamiento de materiales para 01 probeta con 15% de desperdicio.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.275	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	1.311	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	10.281	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.472	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>13.339</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 26. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 9 PROBETA (KG)

**Tabla N°37:** Proporcionamiento de materiales para 09 probetas.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	11.478	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	11.797	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	92.529	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	4.244	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>120.048</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

**27. Cálculo de volúmenes absolutos con 20% de finos**

**Tabla N°38:** Cálculo de volúmenes con 20% de finos.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>vacíos</b>			0.200
		parcial	0.350
		ag. Grueso	0.650
		<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**28. CALCULO DE AGREGADO FINO (20 % )**

**Tabla N°39:** Cálculo de agregado fino.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
AG.fino	172.25	2650	0.065
ag.grueso corregido	1497.6	2560	0.585

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N°39:** Cálculo de materiales.

	pesos SSS	P.e ( kg/cm3)	volumen
<b>cemento</b>	209.1	3150	0.066
<b>Ag. fino</b>	172.25	2650	0.065
<b>ag. grueso</b>	1497.6	2560	0.585
<b>agua</b>	83.62	1000	0.084
<b>vacíos</b>			0.200
		<b>TOTAL</b>	<b>1.000</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

$$A/C = 0.4$$

$$Ag./C = 7.16$$

## 29. CORRECCION POR HUMEDAD, ABSORCION Y APORTE

**Tabla N°40:** Corrección por humedad, absorción y aporte.

	AG. GRUESO	AG. FINO
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	1.34	3.5
<b>ABSORCION (%)</b>	0.96	2.1
<b>APORTE</b>	5.69	2.41

**Fuente:** Elaboración propia.

## 30. VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS POR HUMEDAD

**Tabla N°41:** Valores de diseño corregidos por humedad.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	209.1	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	178.29	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	1517.668	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	75.52	Kg/m3

**Fuente:** Elaboración propia.

## 31. PROPORCIONAMIENTO DE DISEÑO MEZCLA EN PESO

**Tabla N°42:** Proporcionamiento de diseño de mezcla.

	CANTIDADES CORREGIDAS	UND
<b>CEMENTO</b>	1	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	0.853	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	7.258	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.361	lt
<b>Agua efect. Por 1 bol. De cemento</b>	15.35	lt

**Fuente:** Elaboración propia.

### 32. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG)

Tabla N°43: Proporciónamiento para 01 probeta.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.109	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	1.788	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	8.94	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.41	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>10.547</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 33. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 1 PROBETA (KG) CON 15 % DE DESPERDICIO

Tabla N°44: Proporciónamiento para 01 probeta con 15% de desperdicio.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	1.275	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	2.056	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	10.281	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	0.472	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>14.084</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 34. PROPORCION DE CANTIDADES DE MATERIALES PARA 9 PROBETA (KG)

Tabla N°45: Proporciónamiento para 09 probetas.

	CANTIDADES	UND
<b>CEMENTO</b>	11.478	Kg/m3
<b>AG. FINO HUMEDO</b>	18.506	Kg/m3
<b>AG. GRUESO HUMEDO</b>	92.529	Kg/m3
<b>AGUA EFECTIVA</b>	4.244	Kg/m3
<b>TORAL</b>	<b>126.756</b>	<b>KG</b>

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS A LA COMPRESIÓN

Tabla N°46: Resultados de prueba de compresión (7 días )

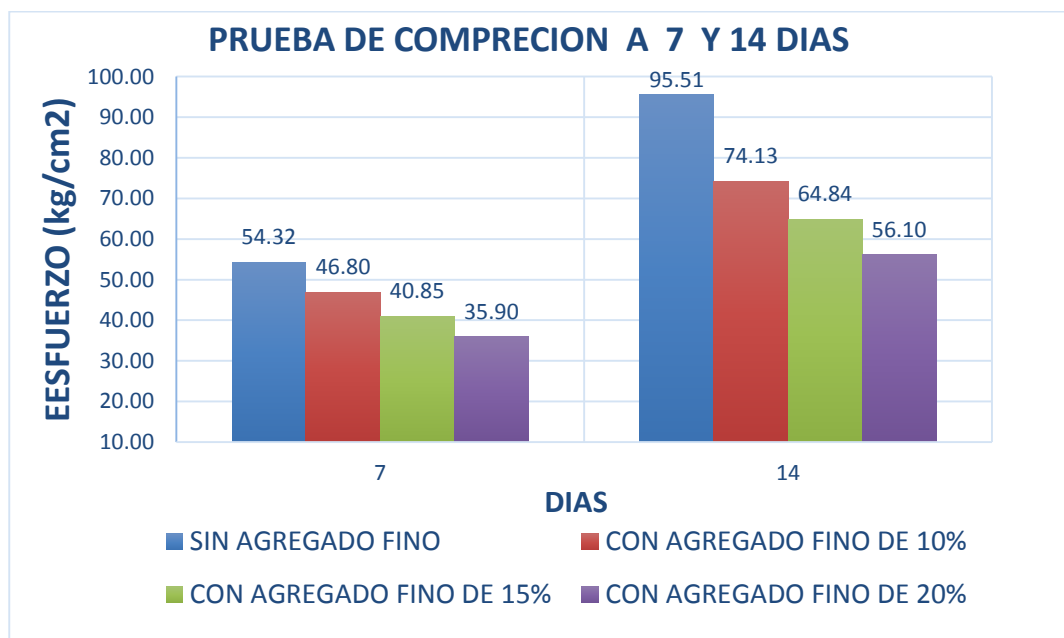
SIN AGREGADO FINO						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	20070	9111.78	51.56	29%	7	54.32
2	21890	9938.06	56.24	32%	7	
3	21470	9747.38	55.16	32%	7	
CON AGREGADO FINO DE 10%						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	18950	8603.3	48.68	28%	7	46.80
2	19130	8685.02	49.15	28%	7	
3	16570	7522.78	42.57	24%	7	
CON AGREGADO FINO DE 15%						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	15540	7055.16	39.92	23%	7	40.85
2	14990	6805.46	38.51	22%	7	
3	17170	7795.18	44.11	25%	7	
CON AGREGADO FINO DE 20%						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	15120	6864.48	38.85	22%	7	35.90
2	12930	5870.22	33.22	19%	7	
3	13870	6296.98	35.63	20%	7	

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°47: Resultados de prueba de compresión (14 días)**

<b>SIN AGREGADO FINO</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	38130	17311.02	97.96	56%	14	95.51
2	35850	16275.9	92.10	53%	14	
3	37550	17047.7	96.47	55%	14	
<b>CON AGREGADO FINO DE 10%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	28110	12761.94	72.22	41%	14	74.13
2	29430	13361.22	75.61	43%	14	
3	29020	13175.08	74.56	43%	14	
<b>CON AGREGADO FINO DE 10%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	26910	12217.14	69.13	40%	14	64.84
2	23850	10827.9	61.27	35%	14	
3	24950	11327.3	64.10	37%	14	
<b>CON AGREGADO FINO DE 20%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	23650	10737.1	60.76	35%	14	56.10
2	19940	9052.76	51.23	29%	14	
3	21920	9951.68	56.31	32%	14	

Fuente: Elaboración propia.



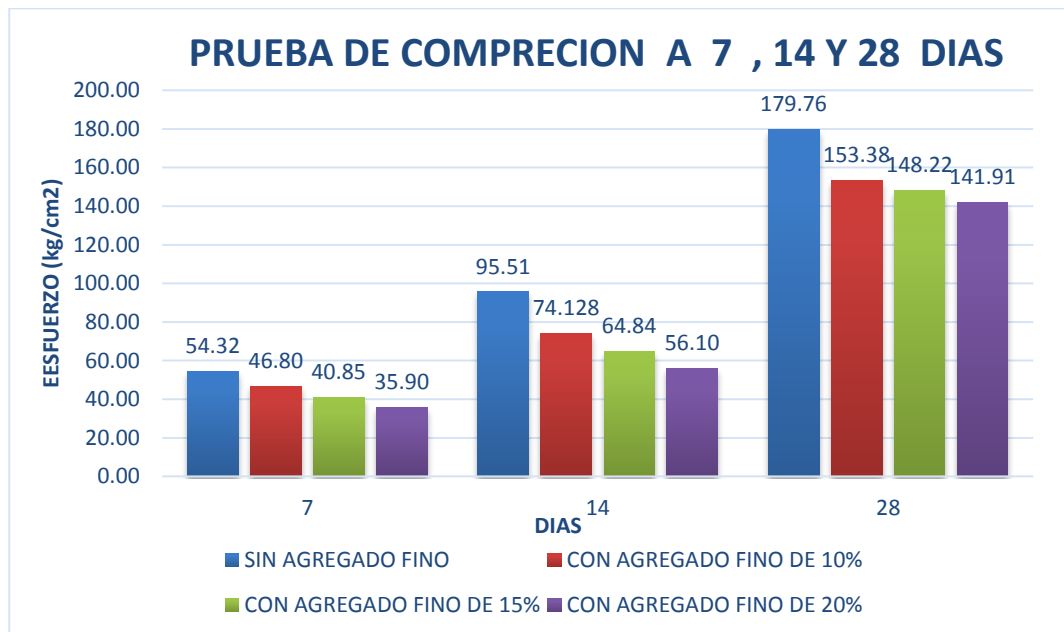
**Gráfico N° 03:** Comparación de ganancia de resistencia a los 7 y 14 días.

Fuente: elaboración Propio

**Tabla N°48: Resultados de prueba de compresión (28 días )**

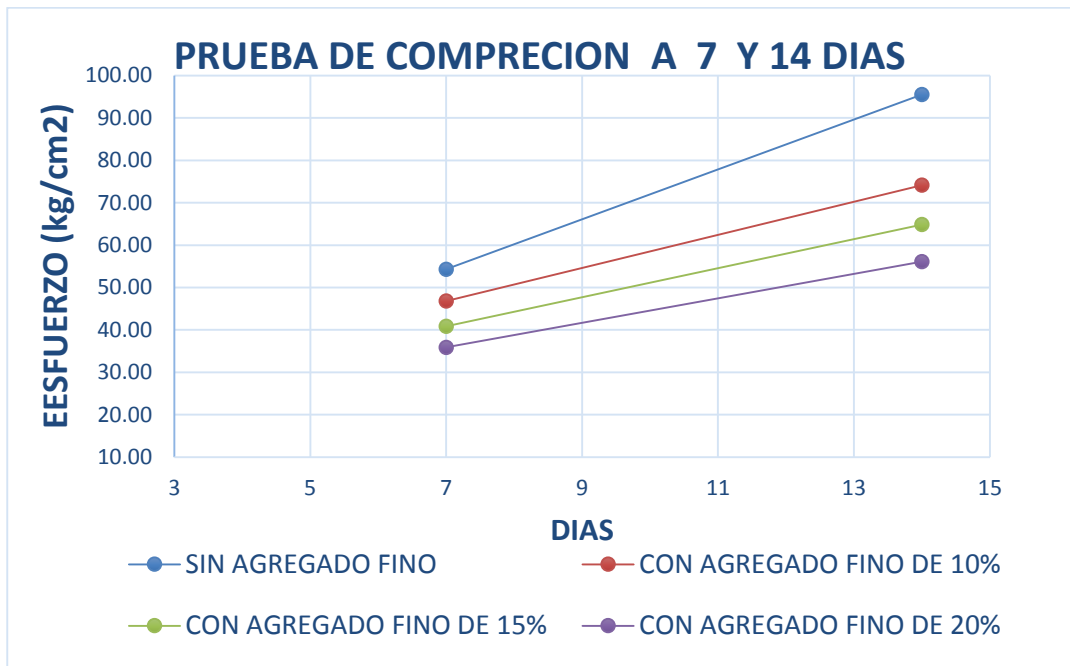
<b>SIN AGREGADO FINO</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	68750	31212.5	176.63	68750	28	
2	71310	32374.74	183.20	71310	28	179.76
3	69850	31711.9	179.45	69850	28	
<b>CON AGREGADO FINO DE 15%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	61100	27739.4	156.97	61100	28	
2	58750	26672.5	150.94	58750	28	153.38
3	59260	26904.04	152.25	59260	28	
<b>CON AGREGADO FINO DE 10%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	58650	26627.1	150.68	86%	28	
2	56510	25655.54	145.18	83%	28	148.22
3	57920	26295.68	148.80	85%	28	
<b>CON AGREGADO FINO DE 20%</b>						
N°	lb	kg	kg/cm2		días	prom. (Kg/cm2)
1	55200	25060.8	141.82	81%	28	
2	56650	25719.1	145.54	83%	28	141.91
3	53860	24452.44	138.37	79%	28	

Fuente: Propio



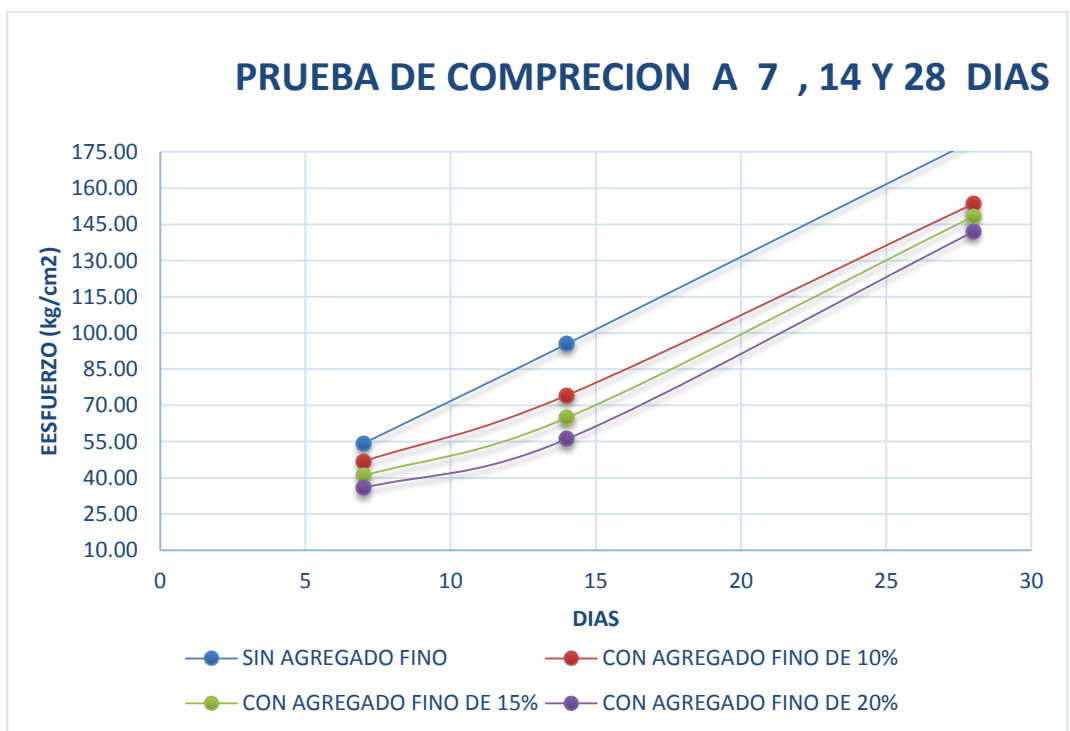
**Gráfico N° 04:** Comparación de ganancia de resistencia a los 7, 14 y 28 días.

Fuente: elaboración Propio



**Gráfico N° 05:** Prueba de comparación a los 7 y 14 días.

**Fuente:** Propio.



**Gráfico N° 06:** Prueba de comparación a los 7, 14 y 28 días.

**Fuente:** Propio.

**Tabla N°49: Resumen de resultados de prueba de compresión.**

<b>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE 7 ,14 Y 28 DIAS</b>		
<b>kg/cm2</b>	<b>días</b>	<b>DESCRIPCION</b>
54.32	7	SIN AGREGADO FINO
46.80	7	CON AGREGADO FINO DE 10%
40.85	7	CON AGREGADO FINO DE 15%
35.90	7	CON AGREGADO FINO DE 20%
95.51	14	SIN AGREGADO FINO
74.128	14	CON AGREGADO FINO DE 10%
64.84	14	CON AGREGADO FINO DE 15%
56.10	14	CON AGREGADO FINO DE 20%
179.76	28	SIN AGREGADO FINO
153.38	28	CON AGREGADO FINO DE 10%
148.22	28	CON AGREGADO FINO DE 15%
141.91	28	CON AGREGADO FINO DE 20%

Fuente: Propio.

**Tabla N°49: Resultados de ensayo de permeabilidad.**

<b>N°</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>TIEMPO (seg.)</b>	<b>ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.</b>	<b>COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)</b>	<b>COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)</b>
1	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 10% de agregado fino	<b>95</b>	1.00	0.732	7.319
2	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 10% de agregado fino	<b>83</b>	1.00	0.838	8.377
3	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 10% de agregado fino	<b>92</b>	1.00	0.756	7.558
<b>PROMEDIO</b>				<b>7.751</b>	<b>mm/segundo</b>

<b>N°</b>	<b>DISEÑO</b>	<b>TIEMPO (seg.)</b>	<b>ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.</b>	<b>COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)</b>	<b>COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)</b>
1	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 15% de agregado fino	<b>113</b>	1.00	0.615	6.153
2	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 15% de agregado fino	<b>110</b>	1.00	0.632	6.321
3	(R a/c=0.40) 20% Vacios, 15% de agregado fino	<b>115</b>	1.00	0.605	6.046
<b>PROMEDIO</b>				<b>6.173</b>	<b>mm/segundo</b>

Nº	DISEÑO	TIEMPO (seg.)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, 20% de agregado fino	121	1.00	0.575	5.746
2	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, 20% de agregado fino	120	1.00	0.579	5.794
3	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, 20% de agregado fino	125	1.00	0.556	5.562
<b>PROMEDIO</b>				<b>5.701</b>	<b>mm/segundo</b>

Nº	DISEÑO	TIEMPO (seg.)	ALT. DE LA TUBERIA DE SALIDA DEL n.r.	COEF. DE PERMEAB. (cm/seg)	COEF. DE PERMEAB. (mm/seg)
1	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, SIN FINOS	14	1.00	4.966	49.664
2	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, SIN FINOS	15	1.00	4.635	46.353
3	(R a/c=0.40) 20% Vacíos, SIN FINOS	19	1.00	3.659	36.594
<b>PROMEDIO</b>				<b>44.204</b>	<b>mm/segundo</b>

Fuente: Propio.

**Tabla N°50: Porcentaje de vacíos en estado endurecido.**

<b>DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
volumen inicial (Vi)	6250	6250	6250
volumen final (Vf)	10390	10460	10425
<b>DATOS DE BRIQUETA</b>	<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
diámetro de briqueta (D) cm	15	15	15
altura de briqueta (h) cm	30	30	30
<b>RESULTADOS</b>	<b>PATRON 1</b>	<b>PATRON 2</b>	<b>PATRON 3</b>
volumen de la briqueta sin espacios vacíos ( Vc).....Vf-Vi	4140	4210	4175
volumen de la briqueta con espacios vacíos (Vt).....((π*D <sup>2</sup> )*h)/4	5301.44	5301.44	5301.44
% de vacíos.....((Vt-Vc)*100)/Vt	21.91%	20.59%	21.25%
promedio de % vacíos	21%		
<b>DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>M1-10%</b>	<b>M2-10%</b>	<b>M3-10%</b>
volumen inicial (Vi)	6250	6250	6250
volumen inicial (Vi)	10520	10555	10535
<b>DATOS DE BRIQUETA</b>	<b>M1-10%</b>	<b>M2-10%</b>	<b>M3-10%</b>
diámetro de briqueta (D)	15.00	15.00	15.00

altura de briqueta (h)	30.00	30.00	30.00
<b>RESULTADOS</b>	<b>M1-10%</b>	<b>M2-10%</b>	<b>M3-10%</b>
volumen de la briqueta sin espacios vacíos ( Vc).....Vf-Vi	4270	4305	4285
volumen de la briqueta con espacios vacíos (Vt).....(( $\pi$ *D <sup>2</sup> )*h)/4	5301.44	5301.44	5301.44
% de vacíos.....((Vt-Vc)*100)/Vt	19.46%	18.80%	19.17%
promedio de % vacíos		19.14%	

<b>DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>M1-15%</b>	<b>M2-15%</b>	<b>M3-15%</b>
volumen inicial (Vi)	6250	6250	6250
volumen inicial (Vi)	10590	10660	10620
<b>DATOS DE BRIQUETA</b>	<b>M1-15%</b>	<b>M2-15%</b>	<b>M3-15%</b>
diámetro de briqueta (D)cm	15	15	15
altura de briqueta (h)cm	30	30	30
<b>RESULTADOS</b>	<b>M1-15%</b>	<b>M2-15%</b>	<b>M3-15%</b>
volumen de la briqueta sin espacios vacíos ( Vc).....Vf-Vi	4340	4410	4370
volumen de la briqueta con espacios vacíos (Vt).....(( $\pi$ *D <sup>2</sup> )*h)/4	5301.44	5301.44	5301.44
% de vacíos.....((Vt-Vc)*100)/Vt	18.14%	16.82%	17.57%
promedio de % vacíos		17.51%	

<b>DATOS DE DESPLAZAMIENTO DE VOLUMEN</b>	<b>M1-20%</b>	<b>M2-20%</b>	<b>M3-20%</b>
volumen inicial (Vi)	6250	6250	6250
volumen inicial (Vi)	10755	10755	10735
<b>DATOS DE BRIQUETA</b>	<b>M1-20%</b>	<b>M2-20%</b>	<b>M3-20%</b>
diámetro de briqueta (D) cm	15	15	15
altura de briqueta (h) cm	30	30	30
<b>RESULTADOS</b>	<b>M1-20%</b>	<b>M2-20%</b>	<b>M3-20%</b>
volumen de la briqueta sin espacios vacíos ( Vc).....Vf-Vi	4505	4505	4485
volumen de la briqueta con espacios vacíos (Vt).....(( $\pi$ *D <sup>2</sup> )*h)/4	5301.44	5301.44	5301.44
% de vacíos.....((Vt-Vc)*100)/Vt	15.02%	15.02%	15.40%
promedio de % vacíos		15.15%	

Fuente: Propio.

## DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR (DBCA)

### Modelo Aditivo Lineal

$$\gamma_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- $\gamma_{ij}$  : Valor observado en la unidad experimental
- $\mu$  : Efecto de la media general
- $\beta_j$  : Efecto del j-esimo bloque  $j:1,2,3$
- $\tau_i$  : Efecto del i-esimo tratamiento  $i:1,2,3,4,5$ .
- $\epsilon_{ij}$  : Efecto aleatorio del error experimental

### Análisis de Varianza

**Tabla N° 51: Fórmulas de análisis de varianza (ANOVA)**

FV	GL	SC	CM	Fcal
Bloques	(b-1)	$\Sigma x^2.j/t - (\Sigma x)^2/bt$	$S_{cb}/b-1$	$CM_b/CM_e$
Tratamientos	(t-1)	$\Sigma x^2.i./b - (\Sigma x)^2/bt$	$S_{ct}/t-1$	$CM_t/CM_e$
Error Experimental	(b-1) (t-1)	$SC_{total} - SC_{bloque} - SC_{tratamiento}$	$S_{ce}/(b-1) (t-1)$	
Total	bt-1	$\Sigma x^2.. - (\Sigma x)^2/bt$		

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 52. Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	gl	Promedio de los cuadrados	F	Prob.	Valor crítico para F
Días	23259.444	2	11843.178	54.611	0.05	<b>5.143</b>
Tipos de concreto	1843.106	3	174.920	0.807	0.05	<b>4.757</b>
Error	496.496	6	216.865			
Total	25599.047	11				

**Fuente:** Propio.

Al ser los valores de la Probabilidad menores que 0.05 y la  $F_{calculada} > F_{crítico}$ , tal como se puede observar en la presente Tabla ( $54.611 > 5.143$  y  $0.807 < 4.757$ ), indica que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la adición de agregado fino al 10%, 15% y 20%.

La ganancia de resistencia en relación a los días aumenta de manera significativa.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

- En la investigación realizada por Barahona (2013), dentro de sus ensayos realizados obtuvo resultados óptimos llegando los diseños experimentales a sobrepasar la resistencia requerida, según las pruebas ejecutadas que el concreto más resistencia resultó ser de la cantera el Carmen con un porcentaje al 15% de vacíos y que el concreto con mayor permeabilidad resultó de la cantera La Pedrera con un porcentaje de vacíos del 25%. Según el análisis cualitativo que se ejecutó por medio de puntajes el concreto más eficiente fue el concreto de la cantera el Carmen con un porcentaje de vacíos del 15%. Siendo aptos para su uso y aplicación en las obras o trabajos a realizar.
- La resistencia del concreto patrón está por debajo del valor de diseño considerado, según estudios revisados de otras investigaciones esto se debe a que el agregado fino influye en la ganancia de resistencia a la compresión.
- Los especímenes del concreto patrón tienen mayor resistencia que los especímenes de los concretos experimentales con la adición del 10%, 15% y 20% de agregado fino, llegando a tener la resistencia requerida el espécimen con adición de 20% de agregado fino, el cual sobrepasa la resistencia requerida.
- En detalle en cuanto a los especímenes de los concretos experimentales con 20% de adición de agregado fino tiene menor resistencia que el concreto experimental con 15% de adición de agregado fino y este tiene menor resistencia que el concreto permeable con 10% de adición de agregado fino y a la vez este posee menor resistencia que los especímenes del concreto patrón (sin adición de agregado fino).

- Los especímenes estudiados poseen porcentaje de vacíos y coeficiente de permeabilidad dentro del rango permitido, lo cual indica que la adición de agregado fino hasta en 20% no afecta sus propiedades.
- El porcentaje de vacíos del concreto patrón y de los concretos experimentales se encuentran por encima del límite permitido, por lo cual es aceptable la elaboración de probetas.
- La permeabilidad de los especímenes con adición de agregado fino disminuyen de manera significativa respecto al concreto patrón, lo cual indica que el tiempo de infiltración del agua aumenta, ello no quiere decir que no cumpla con el propósito de su diseño.
- Del cuadro ANOVA se observa que la ganancia de resistencia de los concretos permeables en relación a los días es significativa, pero en relación al tipo de concreto es poco significativa.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ Entre las características físicas y mecánicas de los agregados tenemos que el agregado fino posee una granulometría óptima, el peso específico de agregado fino 2649 kg/m<sup>3</sup>, de agregado fino 2702kg/m<sup>3</sup> y la absorción de agregado grueso 0.96% y del agregado fino 2.1%, así como peso unitario, gravedad específica se encuentran dentro del rango requerido.
- ✓ La relación de A/C (agua/cemento) para el concreto patrón es 0.40 y concretos experimentales al 10%, al 15% y al 20% es 0.40, según el diseño realizado, puesto que no se adiciona ningún material que posea peso específico diferente.
- ✓ El contenido de vacíos del concreto patrón es 0.21, del diseño experimental al 10 % es 0.191, al 15% es 0.175 y al 20% es 0.151. Los especímenes estudiados se sobrepasan el límite mínimo de vacíos.
- ✓ El coeficiente de permeabilidad para el concreto patrón es de 44.20 mm/s, para el espécimen experimental al 10% es de 7.751mm/s, al 15% es de 6.173mm/s y al 20% es de 5.701mm/s. A mayor adición de agregado fino, la permeabilidad disminuye, siendo más lento la infiltración de agua.
- ✓ Con el concreto experimental utilizando adición de 20% de agregado fino se llega a obtener la resistencia requerida 141.91kg/cm<sup>2</sup>, posee una permeabilidad aceptable 5.701mm/s y un contenido de vacíos de 15.15% que sobrepasa el límite mínimo requerido de 15% de vacíos; siendo la más crítica.
- ✓ En el cuadro ANOVA se puede apreciar que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales con la adición al 10%, 15% y 20% de agregado fino.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- A los tesisistas se recomienda realizar investigaciones afines de la presente investigación con el propósito de profundizar estudios sobre la resistencia de los concretos permeables utilizando agregados de las diferentes zonas de la región y adicionando agregado fino en diferentes porcentajes al presente trabajo.
- se recomienda no usar cantera de tallan para fabricar concreto permeable adicionando con agregados finos en porcentajes mayores a 10%
- Tener cuidado al realizar los diferentes ensayos de laboratorio para la obtención de datos reales.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abanto, F. (2009). *Tecnología del Concreto*. 2° edición San Marcos. Lima – Perú. Recuperado de <https://es.slideshare.net/manueloblitas/tecnologia-del-concreto-flavio-abanto>

American Concrete Institute (2008). *ACI 522.1-08 Specification for Pervious Concrete Pavement*. USA,

American Concrete Institute (2010). *ACI 522R- 10 Report on Pervious Concrete*, USA,

American Society for Testing and Materials. (2014). C1688: *Density and Void Content of Freshly Mixed Pervious Concrete*

Barahona, R. (2013). *Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, El Carmen, Aramuaca y La Pradera, de la zona oriental de El Salvador*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad de El Salvador. San Miguel – El Salvador. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259>

Castro, J. (2002). *Pavimentos Porosos de Hormigón: Una opción para mitigar los Efectos de las Aguas Lluvias*, Revista BIT. Recuperado de <https://es.scribd.com/.../54959163-Pavimentos-Porosos-de-Hormigon-Revista-BIT>

Choque, H. (2016). *Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup>*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad Andina del Cusco. Cusco – Perú. Recuperado de

[http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UACI\\_f9e98f128c1e6c6bbba00e3a670fa9b5](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UACI_f9e98f128c1e6c6bbba00e3a670fa9b5)

Flores, C. (2015). *Diseño de mezcla de concreto permeable con adición de tiras de plástico para pavimentos  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Puno*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad Nacional del Altiplano. Puno – Perú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2230>

Guizado, A. (2017). *Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noreste del Perú*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú. Recuperado de [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9831/GUIZADO\\_AGNETH\\_CURI\\_PIERO\\_TESIS.pdf?sequence=1](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/9831/GUIZADO_AGNETH_CURI_PIERO_TESIS.pdf?sequence=1)

Neville, A. M. (1999). *Tecnología del Concreto*. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto. México. Recuperado de <https://es.slideshare.net/flaviorosarioflores/cartilla-del-concreto>

Pasquel, E. (2003). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima: Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional. Recuperado de [https://es.slideshare.net/cmanuel\\_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru](https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru)

Pérez, D (2009). *Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos*. Tesis para obtener el grado de maestro en ingeniería. Universidad Autónoma de México. Recuperado de [www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.../perezramos.pdf](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.../perezramos.pdf)

Rivva, E. (1999). *Diseño de Mezclas*. Editorial Hozlo S.C.R.L. Lima – Perú.

Sánchez, D., (2001), *Tecnología Del Concreto Y Del Mortero*. Bhandar Editores. Baranquilla – Colombia. Recuperado de <https://es.slideshare.net/FredrafuEnrifer/disenio-demezclasenrriquerivvalopez>

## VIII. APENDICES Y ANEXOS

### Panel fotográfico



**Fotografía 01:** Pesaje de la canasta completamente saturado con la muestra de agregado.



**Fotografía 02:** Llenado de agua en la probeta con el material del agregado fino.



**Fotografía 03:** Liberación de aire atrapado en la muestra.



**Fotografía 04:** Muestra de material de agregado grueso.



**Fotografía 05:** Material para realizar el ensayo para el peso unitario.



**Fotografía 06:** Varillado para el compactado de agregado fino.



**Fotografía 07:** Elaboración de mezcla para concreto permeable con gradación de  $\frac{1}{2}$ ".



**Fotografía 08:** Llenado de concreto permeable con gradación de  $\frac{1}{2}$ ".



**Fotografía 09:** Desencofrado de probetas de concreto permeable.



**Fotografía 10:** Curado de probetas de concreto permeable.



**Fotografía 11:** Rotura de probetas de concreto permeable.



**Fotografía 12:** Prueba de compresión de probeta de concreto permeable.



**Fotografía 13:** Corte de probetas de concreto permeable para prueba de permeabilidad.



**Fotografía 14:** Probetas de concreto permeable para prueba de permeabilidad.



**Fotografía 15:** Equipo fabricado para prueba de permeabilidad.



**Fotografía 16:** Tesista realizando la prueba de permeabilidad.