

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



**Resistencia a la compresión de un concreto permeable  
utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera  
Quechcap, Huaraz – 2017.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor**

Reyes Príncipe, Jhon Willy

**Asesor**

Salazar Sánchez, Dante Orlando

Chimbote – Perú

2019

## INDICE GENERAL

	<b>Pagina</b>
Palabras Clave – Línea de Investigación	VIII
Título	IX
Resumen	X
Abstract	XI
1. INTRODUCCION	1
2. METODOLOGIA	49
3. RESULTADOS	52
4. ANALISIS Y DISCUSION	72
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	77
7. AGRADECIMIENTO	78
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	79
9. ANEXOS Y APÉNDICES	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes químicos del cemento .....	14
Tabla 2. Componentes de óxido en el cemento .....	14
Tabla 3. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava.....	18
Tabla 4. Distribución de tamaño de partículas .....	18
Tabla 5. Requerimientos del desarrollo del concreto para el agua de mezclado .....	24
Tabla 6. Límites de sustancias permitidos al agua de mezcla.....	25
Tabla 7. Límites de sustancias permitidos al agua de mezcla.....	25
Tabla 8. Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua .....	26
Tabla 9. Determinación de la resistencia promedio.....	32
Tabla 10. Grado de control de calidad en la obra .....	32
Tabla 11. Selección del volumen unitario de agua .....	33
Tabla 12. Contenido de aire atrapado .....	34
Tabla 13. Relación agua cemento por resistencia.....	34
Tabla 14. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	35
Tabla 15. Módulo de fineza de la combinación de agregados.....	35
Tabla 16. Contenido de aire incorporado y total .....	36
Tabla 17. Variación de la resistencia a compresión y la porosidad en función de D resistencia a la compresión.....	43
Tabla 18. Variación de la resistencia a compresión y la porosidad en función de F/G (El primer resultado corresponde a un árido can D= 19/25, el resto a uno con D=5/12).....	44
Tabla 19. Variación de la resistencia a compresión, la porosidad y la permeabilidad en función de la densidad aparente DA.....	46
Tabla 20. Variable dependiente resistencia a la compresión .....	47
Tabla 21. Variable dependiente permeabilidad .....	48
Tabla 22. Variable Independiente Piedra zarandeada y piedra chancada.....	48
Tabla 23. Diseño de investigación: Resistencia a la compresión donde se elegirá al azar .....	50
Tabla 24. Prueba de infiltración cilindros.....	50
Tabla 25. Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	51

Tabla 26. Contenido de humedad agregado grueso patron (ASTM D-2216-71) .....	52
Tabla 27. Contenido de humedad agregado grueso Exp. 01(ASTM D-2216-71) .....	52
Tabla 28. Contenido de humedad agregado grueso Exp. 02 (ASTM D-2216-71) .....	53
Tabla 29. Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso patrón (Según Norma ASTM C-127) .....	53
Tabla 30. Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso Exp. 01 (Según Norma ASTM C-127) .....	53
Tabla 31. Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso Exp. 02 (Según Norma ASTM C-127) .....	54
Tabla 32. Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso patrón.....	54
Tabla 33. Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso Exp. 01.....	54
Tabla 34. Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso Exp. 02.....	54
Tabla 35. Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez patrón (ASTM C-33) .....	55
Tabla 36. Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez Exp. 01(ASTM C-33) .....	56
Tabla 37. Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez Exp. 02(ASTM C-33) .....	57
Tabla 38. Ensayos de Compresión Patrón 7 días.....	60
Tabla 39. Ensayos de Compresión Patrón 14 días.....	60
Tabla 40. Ensayos de Compresión Patrón 28 días.....	61
Tabla 41. Ensayos de Compresión Exp 01 7 días.....	61
Tabla 42. Ensayos de Compresión Exp. 01 14 días.....	61
Tabla 43. Ensayos de Compresión Exp. 02 7 días.....	62
Tabla 44. Determinación de la resistencia promedio.....	62
Tabla 45. Ensayos de Compresión Exp. 02 14 días.....	62
Tabla 46. Ensayos de Compresión Exp. 02 28 días.....	63
Tabla 47. Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto patrón.....	63
Tabla 48. Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto experimental 01 .....	63

Tabla 49. Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto experimental 02 .....	63
Tabla 50. Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto Patrón.....	66
Tabla 51. Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto experimental 01 .....	67
Tabla 52. Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto experimental 02 .....	67
Tabla 53. Cuadro resumen de la permeabilidad a los 28 días.....	67
Tabla 54. Prueba de hipótesis mediante ANOVA del concreto permeable.....	68
Tabla 55. Prueba de homogeneidad de varianza.....	69
Tabla 56. La prueba de Hipótesis .....	69
Tabla 57. Prueba robusta de igualdad de medias.....	69
Tabla 58. Comparaciones múltiples.....	70
Tabla 59. Anova de factor: Contrastes: Tukey, Duncan, Scheffe.....	70
Tabla 60. Resistencia a compresion del concreto patrón.....	73
Tabla 61. Resistencia a compresion del concreto Exp. 01.....	73
Tabla 62. Resistencia a compresion del concreto Exp. 02.....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Textura del concreto permeable (Juan Fernando González G.) .....	8
Figura 2. Influencia de la precipitación en el pavimento permeable. (www.argos.com.co) octubre 2014 .....	10
Figura 3. Curado del concreto permeable con material de polietileno utilizado para cubrir la superficie expuesta del concreto permeable. ....	12
Figura 4. Curado de los especímenes de concreto laboratorio mecánica de suelos- USP.....	12
Figura 5. Cemento Portland Tipo I.....	15
Figura 6. Agregado grueso.....	17
Figura 7. Curvas Envolventes. Fuente: texto tecnología del concreto (Ing. Flavio Abanto Castillo (2009).....	19
Figura 8. Agregado grueso (piedra chancada o triturada). Cantera Quechcap. ....	21
Figura 9. Cantera Quechcap. Lugar de extracción de material pétreo.....	27
Figura 10. Ubicación de las canteras Quechcap y la cantera Quechcap Huaraz .....	31
Figura 11. Determinación del Slump del concreto permeable.....	33
Figura 12. Determinación del slump del concreto permeable .....	38
Figura 13. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto patrón, experimental 01 y experimental 02 .....	39
Figura 14. Curado cilíndricas de concreto según Norma (ACI 522, 2006) .....	41
Figura 15. Resistencia a la compresión de un concreto poroso laboratorio de mecánica de suelos -USP .....	42
Figura 16. Comparación de resistencia en relación con un concreto convencional .....	45
Figura 17. Permeámetro de carga variable para medir la permeabilidad .....	47
Figura 18. Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación patron (ASTM C 33).....	56
Figura 19. Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación Exp. 01 (ASTM C 33) .....	57
Figura 20. Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación Exp. 02 (ASTM C 33) .....	58
Figura 21. Revenimiento cero de la mezcla de concreto permeable de $\frac{3}{4}$ .....	59

Figura 22. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7, 14 y 28 días. ....	64
Figura 23. Aparato para medir la permeabilidad del concreto permeable en una simple caída de cabeza permeámetro. (equipo recomendado por el ACI 522R).....	65
Figura 24. La media .....	71

## **PALABRAS CLAVE**

---

<b>Tema</b>	Concreto
<b>Especialidad</b>	Resistencia

---

## **KEYWORDS**

---

<b>Topic</b>	Concrete
<b>Espeialization</b>	Resistance

---

## **LINEA DE INVESTIGACION:**

---

<b>04</b>	Construcción y Gestión de la Construcción
<b>02</b>	Ingeniería y Tecnología
<b>02.01</b>	Ingeniería Civil
<b>02.01.02</b>	Ingeniería de la Construcción

---

## **TÍTULO**

Resistencia a la compresión de un concreto permeable utilizando piedra zarandeada y  
chancada de la cantera Quechcap, Huaraz - 2017

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en analizar un agregado proveniente de la cantera “Quechcap” ubicado en la ciudad de Huaraz, con el propósito de determinar si sus propiedades físico – mecánicas permiten fabricar un concreto permeable que cumpla con la resistencia mínima para su uso en pavimentos en la ciudad de Huaraz.

Planteando como objetivo Realizar la determinación de la resistencia a la compresión de un concreto permeable  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en función del tipo de agregado grueso utilizado de la cantera Quechcap. Donde Se extraerá las muestras para analizar al agregado por medio de ensayos de laboratorio propuestos según las normas peruanas en vigencia (NTP) y se determinaran sus características para la fabricación de concreto permeable con un porcentaje de vacíos adecuado para la elaboración de un concreto permeable.

Se obtuvo como resultado que el concreto elaborado con agregado artificial y natural cumpla con las normas técnicas ASTM con la finalidad de brindarle a la población de la ciudad de Huaraz y la Región Ancash estructuras de alta resistencia y la aplicación de este tipo de concreto en la ciudad de Huaraz, teniendo como resultado de los ensayos de laboratorio, sus propiedades y características adecuadas.

## **ABSTRACT**

The present research is focused on analyzing an aggregate from the "Quechcap" quarry located in the city of Huaraz, in order to determine if its physical - mechanical properties allow to manufacture a permeable concrete that meets the minimum resistance for use in pavements in the city of Huaraz.

Objective: To determine the compressive strength of a permeable concrete  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  depending on the type of coarse aggregate used in the Quechcap quarry. Where samples will be extracted to analyze the aggregate by means of laboratory tests proposed according to Peruvian standards in force (NTP) and their characteristics will be determined for the manufacture of permeable concrete with a percentage of voids suitable for the elaboration of a permeable concrete.

It was obtained as a result that the concrete made with artificial and natural aggregate complies with ASTM technical standards in order to provide the population of the city of Huaraz and the Ancash Region with high resistance structures and the application of this type of concrete in the Huaraz city, having as a result of the laboratory tests, its properties and adequate characteristics.

## I. INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes:**

La ciudad de Huaraz se ubica al sureste de la Provincia de Huaraz, en el Departamento de Ancash. El área metropolitana abarca gran parte de los distritos de Independencia y Cercado de Huaraz. Pertenece a la Región Quechua debido a que está ubicada a 3.052 m.s.n.m., en el margen derecho del Río Santa, al pie del coloso cordillera blanca que es el monte dominante por su lado oriental y de cuyo deshielo nace el Río San Roque que atraviesa de Este a Oeste para afluir al Río Santa. Su situación geográfica es aproximadamente la siguiente: 9°00'36" de latitud sur y 77° 43'28" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Su altitud es de 3.052 metros sobre el nivel del mar.

Huaraz presenta un clima templado de montaña tropical, soleado y seco durante el día y frío durante la noche, con temperaturas medias anuales entre 11 – 17° C y máximas absolutas que sobrepasan los 21° C. Las precipitaciones son superiores a 500 mm, pero menores a 1000 mm durante la temporada de lluvias que comprende de diciembre a marzo. La temporada seca denominada "verano andino" comprende desde abril hasta noviembre. Huaraz se ubica a una altura promedio de 3.052 msnm, de tal manera que los procesos constructivos varían en función a dicha temperatura y épocas del año, por ello se requiere de un nivel técnico apropiado para su ejecución.

Las estructuras de pavimento rígido en las vías de la ciudad de Huaraz, en su gran mayoría, son de pavimento rígido y fueron construidas en los años 80 y 90, las cuales presentan deterioro. Por ello el problema principal que aqueja a los pobladores y transeúntes de la ciudad de Huaraz, son las deficiencias en infraestructura vial de sus calles, ocasionado inundaciones en épocas de máximas precipitaciones, impidiendo una traslación con la debida comodidad y seguridad por estas vías; algunas calles presentan en su superficie grandes inundaciones charcos de agua, situación que se agrava en época de lluvia.

Las precipitaciones pluviales en épocas de máximas precipitaciones aportan al deterioro de vías y al incremento en los costos de conservación de las mismas y

aunque el tránsito local es mayor, las inundaciones y acumulación de charcos de agua interrumpen el tránsito peatonal de la que nace la idea de investigar el concreto permeable para su aplicación y cumplen con las normas establecidas, y finalmente el aspecto físico y paisajístico del ornato de la provincia se ve disminuido ante la inundación y charcos de agua obras de arte colapsadas.

### **Internacional:**

En Guatemala, Rodas, N. (2012), en su tesis “DESARROLLO Y USO DE BLOQUES DE CONCRETO PERMEABLE EN SENDEROS ECOLÓGICOS”, tuvo como objetivo Desarrollar bloques de concreto permeable en senderos ecológicos, es decir en lugares de paso peatonal donde el agua precipitada pueda ser infiltrada. Concluyo Los vacíos del concreto permeable provocan una disminución en la resistencia a compresión y flexión, por lo que se utilizó material cementante de alta resistencia, presentando resistencias entre los límites establecidos de 28 - 280 kilogramos por centímetro cuadrado para compresión y 10 - 38 kilogramos por centímetro cuadrado para flexión. Con el mismo fin, se utilizó agregado fino, determinando que al incrementarlo en pequeña cantidad, el porcentaje de vacíos y la tasa de infiltración disminuyen significativamente. Así mismo, se demostró que el uso de aditivos en las mezclas no es necesario en cuanto a resistencia y trabajabilidad, considerando las condiciones climáticas de la ciudad de Guatemala y que los bloques serán prefabricados para senderos peatonales.

El Salvador, Barahona R.; Barahona, Martínez, M. & Zelaya, S. (2013), en su tesis “COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE LAS CANTERAS, EL CARMEN, ARAMUACA Y LA PEDRERA, DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR”, tuvo como objetivo Realizar un Estudio del Comportamiento del Concreto Permeable en función del tipo de agregado grueso utilizado. Concluyo El uso del concreto permeable con el agregado grueso de tamaño nominal de 3/8” de las canteras el Carmen, Aramuaca y la Pedrera y según las pruebas de ASTM C-132 Y ASTM C-72 su resistencia es ideal para superficies de baja intensidad de carga. La permeabilidad y capacidad de absorción que posee el concreto de las tres canteras con el tamaño de partículas ya dichas, según la norma ACI 522 R es capaz de filtrar mucha más intensidad de lluvia

de la que se ha registrado actualmente. Se determinó según la prueba ASTM C 1701 Prueba de permeabilidad del concreto permeable que no es adecuado la instalación de pavimentos de concreto permeable el lugar donde haya mucho contenido de arcilla y sea del tipo arcilla limosa debido a que requiere una gran restitución del suelo y la capa de base granular sea mayor lo que genera más inversión económica.

En México, Pérez. D. (2009), en su tesis “ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONCRETOS PERMEABLES CON AGREGADOS ANDESÍTICOS”, tuvo como objetivo la elaboración de mezclas de concreto permeable con agregados andesíticos diseñadas para un 15% y 20% de vacíos, así como la realización de su estudio experimental permitiría evaluar si éstas cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su utilización en pavimentos con tránsito ligero u otras aplicaciones, concluyo Los resultados de los estudios realizados a las mezclas de concreto permeables diseñadas con 15% y 20% de vacíos elaboradas con agregados andesíticos, permiten concluir que si cumplen con las propiedades mecánicas y de permeabilidad adecuadas para su utilización en pavimentos con tránsito ligero u otras aplicaciones. Las mezclas de concreto permeable en estado fresco resultaron con una consistencia rígida, es decir, con un revenimiento de 0 cm. El peso volumétrico de las mezclas con 15% de vacíos resultó con un promedio de 1944 kg/cm<sup>3</sup>, y las mezclas con 20% de vacíos con un promedio de 1899 kg/cm<sup>3</sup>, quedando dentro del rango esperado.

En México, Torres L. (2010), en su tesis “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PERMEABLE O ECOLOGICO EN LA CONSTRUCCIÓN”, tuvo como objetivo sobre la aplicación de concreto permeable, métodos de diseño, materiales, propiedades, dosificación de mezcla, los métodos de construcción, ensayo e inspección, concluyo Debido al agotamiento de los mantos acuíferos, tal vez el mayor problema al cual se están enfrentando nuestras autoridades en varias ciudades de la República Mexicana y en otros países del mundo, por lo que el uso de un pavimento permeable ayudaría en mucho a mantener el medio ambiente en el que vivimos, ya que permite la recuperación de agua de lluvia a los mantos acuíferos que son las fuentes naturales de suministro de agua de las ciudades.

En Cali, Felipe, Y. (2014), en su tesis “diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos”, tuvo como objetivo diseñar un concreto poroso aplicado a estructuras de pavimento rígido, comparando la inclusión o no de agregado finos en la mezcla, concluyo el concreto porosos Tipo I, desarrollado en la presente investigación contribuye a la disminución de la escorrentía superficial, utilizando de forma complementaria un sistema de drenaje, el cual permita disponer adecuadamente del agua, sin que este afecte las propiedades mecánicas del concreto poroso.

**Nacional:**

En Puno, Flores C. & Pacompia I. (2015), en su tesis “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”, tuvo como objetivo Evaluar 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, concluyo El coeficiente de permeabilidad determinado para todos los grupos de prueba (Curva Natural, Curva Normalizada-Sin Tiras, Con Tiras al 0.05%, Con Tiras al 0.10% y Con Tiras al 0.15%) se encuentran dentro del rango definido por el reporte ACI 522, el cual es 0.14 a 1.22 cm/s, por lo que podemos concluir que todos los testigos elaborados cumplen con los requisitos de permeabilidad mínimos establecidos.

En Trujillo Sánchez F. & Tapia R. (2015), en su tesis “RELACION DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDADES DE 3, 7, 14, 28 Y 56 DIAS RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CILINDROS DE CONCRETO A EDAD DE 28 DIAS” tuvo como objetivo Determinar la relación entre la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la resistencia a la compresión de cilindros de concreto a edad de 28 días concluyo Para los concretos elaborados y curados en laboratorio, la resistencia a compresión a los 28 días, sobre la base de resistencias a edades aproximadas está dada por las siguientes formulas: a. Para el cemento portland tipo Ico:- Para resistencias aproximadas hasta 150 kg/cm<sup>2</sup> :  
- Para resistencias aproximadas entre 150 a 210 kg/cm<sup>2</sup> : - Para resistencias mayores

entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup> : b. Para el cemento portland tipo V: - Para resistencias aproximadas entre 150 a 280 kg/cm<sup>2</sup>: c. Para el cemento portland tipo MS: - Para resistencias aproximadas hasta 150 kg/cm<sup>2</sup>: - Para resistencias aproximadas entre 150 a 210 kg/cm<sup>2</sup>: - Para resistencias mayores entre 210 a 280 kg/cm<sup>2</sup>.

**Local:**

A nivel local no se encontraron estudios

**Justificación de la investigación:**

La investigación propuesta se justifica, actualmente en la ciudad de Huaraz no se han desarrollado investigaciones de esta naturaleza, por ende, no se ha implementado de manera efectiva el uso del concreto permeable en la ciudad de Huaraz, tampoco no se ha desarrollado temas de investigación, solo se tiene investigaciones que se realizó en la ciudad de Cajamarca en el año 2015, investigaciones siendo tema de investigación de grado.

Desde el punto de vista práctico, se percibe que, en nuestro país, existe poco conocimiento acerca del concreto permeable, sin embargo, debido a las condiciones climatológicas nace la idea de contrarrestar proyectos innovadores y que sea aplicable y rentable en su producción. Por lo tanto, motiva a investigar las propiedades del concreto permeable y su aplicación en la ciudad de Huaraz departamento de Ancash; siendo una fuente de información para futuras investigaciones acerca de este tipo de concreto y su aplicación en cualquier otra área cuyas condiciones sean similares a las encontradas en el territorio delimitado.

Se estará conociendo el comportamiento de los agregados de la cantera Quechcap Huaraz, industrialmente explotadas de la cantera Quechcap al emplearse como material pétreo en el concreto permeable. Por ende, con los resultados que se obtengan de esta investigación darán a conocer el agregado que permita un concreto más eficiente (mejores caracterices mecánicas e hidráulicas). Y dar a conocer a la población sobre la importancia y el uso del concreto permeable que se ajusta a la realidad.

Es una responsabilidad que se tiene hacia las personas que habitan dentro de esta localidad como para los transportistas que continuamente circulan por estas vías, las cuales deben estar en óptimas condiciones para que en ningún momento ocurra colapsos de las obras de arte como alcantarillas entre otras.

**Problema:**

**Planteamiento del problema:**

En nuestra ciudad de Huaraz no se han realizado estudio del concreto permeable con agregados que se extrae de las canteras de la ciudad de Huaraz, debido a que no se han realizado investigaciones sobre dicho tema en nuestro entorno, para la investigación se tomaran los agregados de la cantera de Quechcap para el concreto patrón y para el concreto experimental de la cantera Quechcap.

En nuestro medio existen que una serie de fenómenos relacionados con la intensidad de lluvia, entre ellos se manifiestan 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. Desde hace mucho se han instalados sistemas de drenaje (canaletas, badenes, cunetas, etc.) para contrarrestar dicho problema, pero este sistema esta susceptible a fallas y no presenta una solución definitiva para manejar esta escorrentía, provocando que las zonas de descargar no sean capaces de drenar el agua lo que con llevan a inundaciones repentinas en zonas bajas.

Con la finalidad de evitar llegar a estos problemas, la presente investigación propone evaluar la resistencia a la compresión de cilindros de un concreto permeable.

Por tal motivo es necesario realizar una evaluación de los agregados, las mismas que serán evaluadas en laboratorio, para tomar datos y determinar las propiedades del material pétreo.

Por lo tanto, se ha considerado estudiar el concreto permeable como medida de atenuación a estos fenómenos; usando los agregados de la cantera Quechcap. En las que se llega al problema.

### **Formulación del problema:**

Para lo cual nos hacemos la siguiente pregunta:

¿Cual es la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  permeable utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap, Huaraz?

### **Marco referencial:**

#### **Concreto permeable:**

#### **Definición:**

El término (Según ACI 522R), El concreto permeable o concreto poroso, es definido como un concreto con revenimiento cero con alto grado de porosidad, y con una relación de vacíos alta; consiste de cemento portland, agregado grueso, poca o nada de agregado fino y agua. La combinación de estos ingredientes producirá un material endurecido con poros conectados, que varía de tamaño de 2 a 8 mm, lo cual permite que el agua pase fácilmente a través de él. el "concreto permeable" generalmente describe un concreto con slump, abierto gradual, material compuesto de cemento portland, agregado grueso, agregado fino poca o ninguna, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes se producirá un material endurecido con poros conectados que van en tamaño desde 0,08 hasta 0,32 cm (2 a 8 mm), que permiten que el agua pasar a través fácilmente. El contenido de vacío puede variar desde 15 a 35%, con las típicas resistencias a la compresión de 400 a 4000 psi (2,8 a 28 MPa). La tasa de drenaje de concreto permeable pavimento variará con el tamaño total y la densidad de la mezcla, pero generalmente caerán en el intervalo de 2 a 18 gal. / min/ft<sup>2</sup> (81 a 730 l/min/m<sup>2</sup>).

Esta Clase de concreto es de alto 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. Para resistencia, y para evitar que la pasta fluya y llene los vacíos, se requiere una proporción baja de agua/material cementoso (w/c.) La proporción de w/c es importante para la

producción exitosa. Con frecuencia se usa una proporción w/c típica de aproximadamente 0.3. Tanto el bajo contenido de mortero, así como la alta porosidad también reducen la resistencia en comparación con las mezclas de concreto convencional, pero ya se ha logrado la suficiente resistencia para muchas aplicaciones.

Al concreto permeable también se le conoce como concreto poroso, concreto sin agregados finos, concreto discontinuo y concreto de porosidad incrementada

Se define al Concreto Poroso, como un concreto con asentamiento cero y granulometría abierta, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La mezcla de estos compuestos producirá un concreto endurecido con poros de diámetros de 2 a 12 mm que permiten que el agua lo atraviese fácilmente. El contenido de vacíos puede variar entre 15 y 35%, la tasa de drenaje del pavimento permeable varía de acuerdo al tamaño del agregado. (Ref. American Concrete Institute ACI 522R-06, Nacional Ready Mixed Concrete Association NRMCA – Portland Cement Association, Revista BIT junio 2002).



**Figura N° 001:** Textura del concreto permeable (Juan Fernando González G.).  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Ventajas del Concreto Permeable:**

Según la revista Argos en la Ficha Técnica. Versión 3. octubre 2014. Gracias al control riguroso de las materias primas, la fabricación, el diseño y la especial atención en la entrega de este producto, el Concreto Permeable permite una porosidad que logra satisfacer los más altos estándares en términos hidráulicos y mecánicos para aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.

Estos pavimentos se conforman por una sub base y por una losa de concreto hidráulico, la cual le va a dar una alta resistencia a la flexión. Además de los esfuerzos a flexión y de compresión, este tipo de pavimento se va a ver afectado en gran parte por los esfuerzos que tenga que resistir al expandirse o contraerse por cambios de temperatura y por las condiciones climáticas. Es por esto que su diseño toma como parámetros los siguientes conceptos (Crespo, 2002):

Las ventajas más importantes son:

- Permite el desarrollo urbano recreando el ciclo natural del agua sin usar el sistema de alcantarillado existente o con un uso controlado, sin saturarlo o demandar incremento de secciones para conducción.
- Reduce y/o elimina la necesidad de estructuras especiales (bordillos, cunetas, sumideros, tubería, cajas de inspección y estructuras de retención) para el manejo de aguas de escorrentía.
- Con un adecuado diseño, construcción, uso y mantenimiento puede ofrecer una vida útil hasta de 20 años.
- Reduce el impacto del desarrollo urbano ya que permite el paso del oxígeno y del agua hacia las raíces de los árboles, la alimentación de los acuíferos naturales, la reducción de la escorrentía, la limpieza del agua lluvia y la disminución de la temperatura, protegiendo el equilibrio del ecosistema.
- Posibilidad de obtención de puntos LEED en varias categorías evaluadas.
- Disminuye el empujeamiento del agua después de lluvias fuertes reduciendo el riesgo de hidroneumático y salpicaduras.
- Reduce la necesidad de iluminación artificial, ahorrando los consumos energéticos versus otras superficies oscuras como el asfalto



**Figura N° 002:** Influencia de la precipitación en el pavimento permeable. (www.argos.com.co) octubre 2014.  
**Fuente:** Revista ARGOS.

Los pavimentos permeables pueden generar un importante beneficio social, debido a la contribución de estos a mantener las condiciones naturales de una zona. La experiencia ha mostrado que, de ser así, el control de las inundaciones se consigue con mantener la red de drenaje natural, sin tener que construir grandes colectores. Si en el diseño de nuevas urbanizaciones se consideraran criterios de mínimo impacto, en el futuro tendríamos una ciudad atravesada por muchas quebradas naturales incorporadas armónicamente a la urbanización, en la que no sería necesario invertir en soluciones costosas como los grandes colectores, que no aseguran su efectividad en el tiempo, debido al constante crecimiento de las ciudades. (Meneses & Bravo, 2007).

Según la Revista HIDROCRETO, ventajas técnicas de los pisos de hidrocreto. Hay varias razones que hacen que los pisos y pavimentos permeables sean superiores a los de concreto hidráulico.

La ausencia de finos. Los concretos sin finos transmiten las cargas en forma heterogénea a diferencia de los concretos convencionales que lo hacen en forma

homogénea. En los concretos sin finos la transmisión de cargas se realiza por puntos de contacto, originando que las cargas sean repartidas en forma aleatoria, dando como resultado que éstas sean distribuidas en una superficie mucho mayor.

El aditivo ECOCRETO® al reaccionar con el cemento potencializa su poder de pegado logrando un súper concreto. Se han hecho pruebas en las cuales, al agregar el aditivo a un concreto hidráulico normal, se ha logrado un incremento de más del 100 % en su resistencia a la compresión.

Los huecos presentes en estos concretos dan como resultado:

- Una mayor elasticidad
- Comportamiento superior frente a los cambios de temperatura, disminuyendo los movimientos de contracción y expansión
- Pavimentos más frescos
- Pavimentos más ligeros

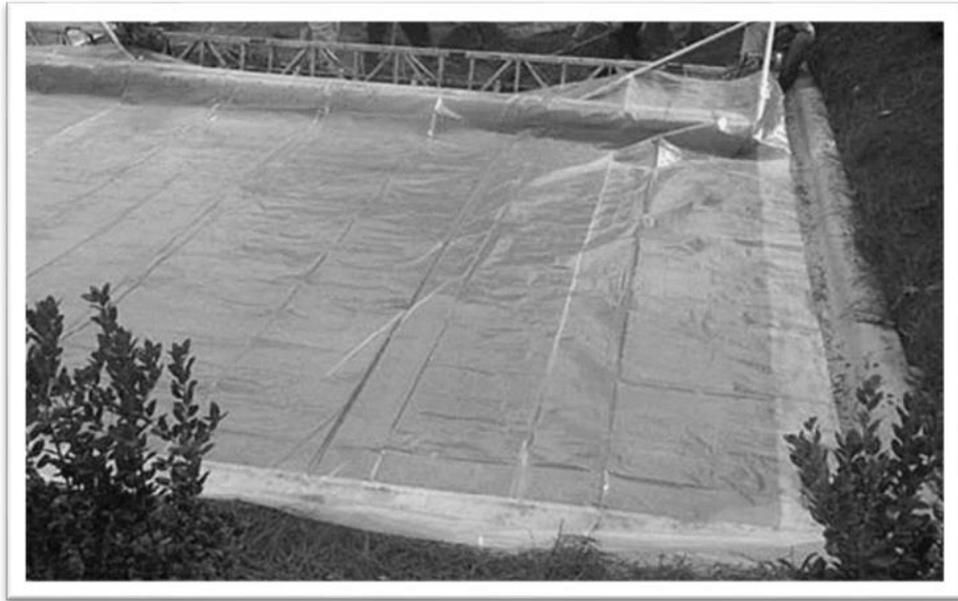
#### **Curado:**

El curado es uno de los elementos fundamentales para obtener un pavimento con las condiciones deseadas. La estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. Este proceso requiere una mayor atención y cuidado que el que se tiene en los pavimentos de concreto convencional, debido a la gran superficie de contacto del concreto con el ambiente. Un proceso erróneo de curado en los primeros 7 días puede reducir la durabilidad de la superficie en un 60% (ACI 522, 2006). Las probetas se mantienen en sus moldes durante un periodo mínimo de 24 hrs.

En ese lapso no deberán sufrir vibraciones, sacudidas, ni golpes, se protegerá la cara superior con arpillera húmeda, lamina de polietileno o tapa mecánica y se mantendrá en ambiente protegido de inclemencias climáticas (calor, frio, lluvia, viento).

Una vez transcurridas las primeras 24 hs, se procede a desmoldar e inmediatamente se acondiciona la probeta para su mantenimiento hasta el momento de ensayo. Durante este periodo (7, 14 ó 28 días) deben mantenerse condiciones de temperatura y humedad, según norma IRAM 1524 y 1534, la probeta debe

mantenerse en un medio ambiente con no menos del 95% de humedad relativa, y en cuanto a la temperatura, en los 21 °C , con una tolerancia en más o menos de 3 °C para la obra y de 1 °C para el laboratorio (o lo que es lo mismo, en obra la temperatura puede oscilar entre 18 °C y 24 °C. (Barreda, 2009)



**Figura N° 003:** Curado del concreto permeable con material de polietileno utilizado para cubrir la superficie expuesta del concreto permeable.

**Fuente:** (Tennis et al., 2004).



**Figura N° 004:** Curado de los especímenes de concreto laboratorio mecánica de suelos-USP.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Materiales a usar para la mezcla de concreto:**

### **Cemento:**

Según Abanto (2009). Son minerales pulverizados que tienen la propiedad que, por acción de una cantidad de agua, forma una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como en el aire, produciendo compuestos estables Riva (2009). Las materias primas fundamentales del cemento son las rocas calcáreas, las arcillas que se extraen de los yacimientos a cielo abierto (canteras) y el yeso que se incorpora en el proceso de la molienda para regular el tiempo de fraguado Riva (2009). El proceso de fabricación consiste en obtener una mezcla de silicatos y aluminatos de calcio que se obtienen mediante un proceso de cocción a altas temperaturas de las calizas y arcillas calcinados en hornos giratorios, donde se produce la descomposición de las materias primas (arcilla y caliza) en óxidos que posteriormente se combinan entre sí a una temperatura de 850-1500°C y este producto que sale del horno giratorio se denomina Clinker.

### **Materias primas utilizadas en la elaboración del cemento portland:**

Los dos materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla.

### **Fabricación del cemento portland:**

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450 C°), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts de longitud y 5.50 mts de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina «Clinker» (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños). El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso 3 o 4%, para regular la fragua del cemento.

### **Características del cemento portland:**

El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5kg. y un pie cúbico de capacidad. En aquellos

casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15.

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009, el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir: Cemento Portland=Clinker Portland + Yeso. El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad. Composición química. Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son:

**Tabla N° 001:** Componentes químicos del cemento.

	Componente químico	Procedencia usual
95%	Oxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Fierro(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, piritita
5%	Oxido de Magnesio, Sodio, potasio, titanio, azufre, fósforo Y magnesio.	Minerales Varios

**Fuente:** Texto, tópicos de tecnología del concreto (Ing. Enrique Pasquel Carbajal (1998)).

Los porcentajes típicos en que intervienen los óxidos mencionados en el cemento Portland son:

**Tabla N° 002:** Componentes de óxido en el cemento.

COMPONENTE	PORCENTAJE	ABREVIATURA
CaO	61 % - 67 %	C
SiO <sub>2</sub>	20 % - 27 %	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 % - 7 %	A
FE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 % - 4 %	F
SO <sub>3</sub>	1 % - 3 %	
MgO	1 % - 5 %	

**Fuente:** Texto, tópicos de tecnología del concreto (Ing. Enrique Pasquel Carbajal (1998)).



**Figura N° 005:** Cemento Portland Tipo I.

**Fuente:** <http://www.maestro.com.pe/productos/obra-gruesa/cemento-sol-tipo-i>.

Según normas NMX - C-414 - 1999 – ONNCCE, el cemento a utilizar para la elaboración del concreto será preferentemente Portland, de marca aprobada oficialmente, el cual deberá cumplir lo especificado en las normas NMX - C-414 - 1999 - ONNCCE. Si los documentos del proyecto o una especificación particular no señalan algo diferente, se emplearán los denominados CPO (Cemento Portland Ordinario) y CPP (Cemento Portland Puzolánica) dependiendo del caso y con sub - clasificaciones 30R y 40R. Estos cementos corresponden principalmente a los que anteriormente se denominaban como Tipo I y Tipo IP.

#### **Tipos de cementos en el Perú:**

Cementos Portland sin adición. Constituidos por Clinker portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las normas técnicas (NTP):

- Tipo I: De uso general, que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.

- Tipo III: Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en climas frío o en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- Tipo IV: De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo
- Tipo V: Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos

### **Agregado:**

Según, Abanto (2009). Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con los límites establecidos en la norma ITINTEC 400.037. Las arenas provenientes de la desintegración natural de las rocas; y que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en lugares determinados. Se denomina agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

### **Materiales pétreos:**

#### **Grava:**

Comúnmente llamados canto rodado, es el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación, natural de las rocas por acción del hielo y otros agentes atmosféricos, encontrándoseles corrientemente en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural. Cada fragmento ha perdido sus aristas vivas y se presentan en forma más o menos redondeadas. Las gravas pesan de 1600 a 1700 kg/m<sup>3</sup>.

Según Riva (2007), en su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al 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, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, 1999).



**Figura N° 006:** Agregado grueso.  
**Fuente:** Elaboración propia.

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados
- 1/3 de la altura de las losas
- ¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

El agregado grueso será grava triturada totalmente con tamaño máximo de treinta y ocho (38) milímetros, resistencia superior a la resistencia de la concreta señalada en el proyecto, y con la secuencia granulométrica que se indica a continuación:

**Tabla 003:** Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Grava.

MALLA		% QUE PASA
2"	50.00 mm	100
1 ½"	37.50 mm.	95 – 100
¾"	19.00 mm.	35 – 70
3/8"	9.50 mm.	10 – 30
Número 4	4.75 mm-	0 - 5

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **Piedra Partida o chancada:**

Se denomina así, al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas. Como agregado grueso se puede usar cualquier clase de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente.

Su función principal es la de dar volumen y aportar su propia resistencia. Los ensayos indican que la piedra chancada o partida da concretos ligeramente más resistentes que los hechos con piedra redonda. El peso de la piedra chancada se estima en 1450 a 1500 kg/m<sup>3</sup>.

#### **Granulometría:**

Según, Abanto (2009), La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N<sup>o</sup>s 4, 8, 16, 30, 50 y 100.

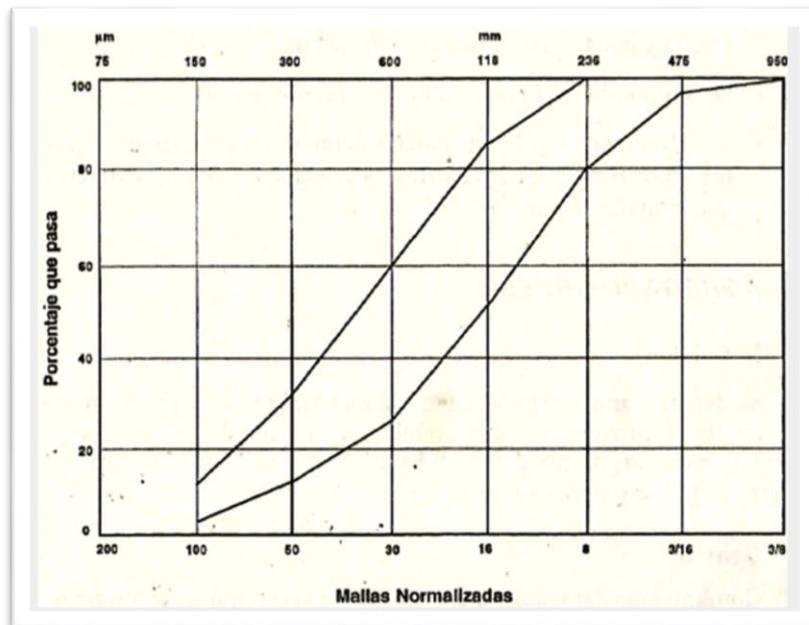
**Tabla N° 004:** Distribución de tamaño de partículas.

Malla	Porcentaje que pasa (Acumulativo)	
3/8"	9.5 mm	100
N° 4	4.75 mm	95 a 100

N° 8	2.36 mm	80 a 100
N° 16	1.18 mm	50 a 85
N° 30	600 um	25 a 60
N° 59	300 um	10 a 30
N° 100	150 um	2 a 10

**Fuente:** Texto tecnología del concreto (Ing. Flavio Abanto Castillo (2009)).

El control de la granulometría se aprecia mejor mediante un gráfico, en la que las coordenadas representan el porcentaje acumulado que pasa la malla, y las abscisas, las aberturas correspondientes.



**Figura N° 007:** Curvas Envolventes. Fuente: texto tecnología del concreto (Ing. Flavio Abanto Castillo (2009)).

**Fuente:** Elaboración propia.

Además, la norma prescribe que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el retenido en la siguiente, no debe ser mayor del 45 % del total de la muestra. De esta manera, se tiende a una granulometría más regular.

En general, en cuanto a granulometría se refiere, los mejores resultados se obtienen con agregados de granulometrías que queden dentro de las normas y que den curvas granulométricas suaves.

Según Céspedes (2003), en su libro “Resistencia a la comprensión del concreto a partir de la Velocidad de pulsos de Ultrasonido”, la granulometría se entiende como la distribución de los tamaños de las partículas o granulometría de un agregado es una característica importante debido a que determina los requerimientos de la pasta para lograr un concreto trabajable. Debido a que el cemento es el componente más costoso del concreto, es deseable, minimizar el costo del concreto utilizando la menor cantidad de pasta consistente con la producción de un concreto que pueda ser manejado, compactado, acabado y proporcionar la resistencia y durabilidad necesaria.

Los factores fundamentales que rigen la granulometría deseada de los agregados son: el área superficial del agregado, que determina la cantidad de agua necesaria para mojar todos los cuerpos sólidos; el volumen relativo ocupado por el agregado; la trabajabilidad de la mezcla, y su tendencia a la segregación.

Los agregados finos y grueso según la norma ASTM C-33, Y NTP 400.037 deberán cumplir con las GRADACIONES establecidas en la NTP 400.012, respectivamente.

### **Agregado grueso:**

Según Riva (2007), en su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Según Neville (1999). Se denomina agregado grueso al 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, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa.



**Figura N° 008:** Agregado grueso (piedra chancada o triturada). Cantera Quechcap.  
**Fuente:** Elaboración propia.

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla 1/4”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados
- 1/3 de la altura de las losas
- 3/4 del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

### **Propiedades físicas del agregado:**

#### **Peso específico:**

Según, Pasquel (1998). Es el coeficiente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. Las normas ASTM C 127 y C 128 establecen el procedimiento estandarizado para su determinación en laboratorio, distinguiéndose tres maneras de expresarlo en función de las condiciones de saturación. Hay que tomar en cuenta que las expresiones de la norma son

adimensionales, luego hay que multiplicarlas por la densidad del agua en las unidades que se deseen para obtener el parámetro a usar en los cálculos. Su valor oscila entre 2.5 y 2.75 para agregados normales. Se determina de tres maneras que se da continuación.

**Peso unitario:**

Según, Pasquel (1998). Es el coeficiente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. El valor obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezclas para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen. El valor del peso unitario par los agregados normales oscilan entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>.

**Absorción:**

Según, Pasquel (1998). Es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas. El fenómeno se produce por capilaridad, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados pues siempre queda aire atrapado. La norma ASTM C 127 y 128 establecen la metodología para su determinación.

**Porcentaje de vacíos:**

Según, Torre (2004). Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29.

**Porosidad:**

Según, Torre (2004). La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede

influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad. (Torre, 2004).

**Humedad:**

Según, Pasquel (1998). Es la cantidad de agua superficial retenida en un momento determinado por las partículas de agregado, pues contribuye a incrementar el agua de mezcla en el concreto, razón por la que se debe tomar en cuenta conjuntamente con la absorción para efectuar las correcciones adecuadas en el proporcionamiento de las mezclas. Según ASTM C 566 se expresa de la siguiente forma.

**Propiedades resistentes del agregado:**

**Resistencia:**

Según, Torre (2004). Las resistencias de los agregados dependen de su composición textura y estructura y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total del matriz cementante.

**Tenacidad:**

Según, Pasquel (1998). Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angulosidad y textura del material. (Pasquel, 1998).

**Dureza:**

Según, Torre (2004). Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes. Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

## Agua:

Según, Abanto (2009), El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

Según, Silva (2007), Como componente del concreto convencional el agua representa aproximadamente entre el 10 y el 25% del volumen del concreto recién mezclado, dependiendo del tamaño máximo del agregado que se utilice y de la docilidad que se requiera. El agua debe cumplir con ciertos requisitos lo que son regulados por la norma. Solo el agua potable está permitida utilizarla sin necesidad de verificar su calidad. Todo otro tipo de agua debe ser analizada. Es importante mencionar que el agua de mar no debe ser utilizada en concretos armados.

La norma ASTM C1602 “Especificación estándar para agua de amasado usada en la producción de concreto de cemento hidráulico”, indica los requisitos que debe cumplir el agua a ser utilizada para la elaboración de concreto de cemento hidráulico. El agua de calidad dudosa, deberá enviarse a un laboratorio para que se efectúen ensayos o pruebas; o, si no se dispone de tiempo, comparar la resistencia y durabilidad de especímenes de concretos hechos con dicha agua, con las de especímenes de control hechos con agua que se sabe que es satisfactoria.

**Tabla N° 005:** Requerimientos del desarrollo del concreto para el agua de mezclado.

Ensayo de laboratorio	limites	Métodos de prueba
Esfuerzo de compresión Min. % control	90	ASTM C31
a los 7 días AB		ASTM C39
Tiempo de fraguado: desviación de concreto de control (h/min) A	Desde 1:00 antes a 1:30 después	ASTM C403

A: Las comparaciones están basadas en proporciones fijas para un diseño de mezcla de concreto representativo de un suministro de agua cuestionable y un concreto de control usando un 100% de agua potable o destilada.

B: los resultados del esfuerzo de compresión están basada en al menos dos especímenes de prueba estándar hechos a partir de una muestra compuesta.

---

FUENTE: Normas Para el Agua de Concreto.

### Requisitos que debe cumplir el agua para mezcla:

Según, Abanto (2009). El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación de una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis químico de esta, para comparar los resultados con los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

**Tabla N° 006:** Límites de sustancias permitidos al agua de mezcla.

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles	1500 ppm
P.H.	Mayor de 7
Sólidos en suspensión.	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

**Fuente:** Texto tecnología del concreto [Ing. Flavio Abanto Castillo. (2009)].

Según NTP 339.088. El agua que debe ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. La Norma Peruana NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas están comprendidos dentro de los siguientes límites.

**Tabla N° 007:** Límites de sustancias permitidos al agua de mezcla.

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE		
Sólidos en suspensión (residuo insoluble)	5000	ppm	Máximo
Materia Orgánica	3	ppm	Máximo
Alcalinidad (NaHCO <sub>3</sub> )	1,000	ppm	Máximo

Sulfatos ( ión SO4 )	600	ppm	Máximo
Cloruros ( ión Cl- )	1,000	ppm	Máximo
pH	5 a 8	ppm	Máximo

**Fuente:** Norma NTP 339.088.

El agua que se emplee en la fabricación del concreto deberá cumplir con la norma NMX-C-122, debe ser potable, y por lo tanto, estar libre de materiales perjudiciales tales como aceites, grasas, materia orgánica, etc. En general, se considera adecuada el agua que sea apta para el consumo humano.

**Tabla 008:** Especificaciones - Materiales - Sustancias Perjudiciales en el Agua.

SUSTANCIAS PERJUDICIALES	Ppm Máximo
Sulfatos (Convertidos a NaSO4)	1,000
Cloruros (Convertidos a NaCl)	1,000
Materia Orgánica (Óxido consumido en medio ácido)	50
Turbiedad y/o lignito	1,500

**Fuente:** Elaboración propia.

El agua cumple las siguientes funciones en su calidad de componente del hormigón:

- Participa en las reacciones de hidratación del cemento.
- Proporciona la trabajabilidad necesaria para la puesta en obra.
- Actúa reponiendo el agua perdida por las reacciones exotérmicas y para refrigerar la masa (agua de curado).

### **La cantera:**

#### **Descripción:**

Las canteras son la fuente principal de materiales pétreos los cuales se constituyen en uno de los insumos fundamentales en el sector de la construcción de obras civiles, estructuras, vías, presas y embalses, entre otros. Por ser materia prima en la ejecución de estas obras, su valor económico representa un factor significativo en el costo total de cualquier proyecto.

Toda cantera tiene una vida útil, y una vez agotada, el abandono de la actividad suele originar serios problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje.

En la Ciudad de Huaraz en el distrito del Huaraz ubicada la cantera Quechcap del distrito y provincia de Huaraz se encuentran ubicadas la mayor parte de canteras para la extracción de agregados de construcción debido a que su suelo es rico en yacimientos de áridos naturales y que para su extracción son sometidos únicamente a procesos mecánicos.

En la Ciudad de Huaraz en el Distrito y Provincia de Huaraz y Jangas se encuentra ubicada la mayor parte de canteras para la extracción de agregados de construcción, los mismos que son extraídos del “RIO SANTA” debido a que cause es rico en yacimientos de gravas y arenas.

En cuanto a su forma se distinguen en redondeados (o rodados) y procedentes de machaqueo. Este último presenta formas angulosas debido a la trituración mecánica necesaria para su obtención. Las rocas de las que se extraen áridos naturales son: Arenas y Gravas.



**Figura N° 009:** Cantera Quechcap. Lugar de extracción de material pétreo.

**Fuente:** Elaboración propia.

La cantera donde se extrajo las muestras para el concreto patrón se encuentra ubicado al sur de la ciudad de Huaraz en el distrito y provincia de Huaraz cantera denominada Quechcap.

## **Exploración y Explotación de Cantera:**

### **Exploración:**

Se define, así como el conjunto de actividades que determina si un banco, mina de material o fuente de agua, reúne los requisitos para su explotación. Independientemente de todas las consideraciones evaluadas hasta ahora, un problema de orden práctico lo constituye la búsqueda, calificación y explotación de canteras para una obra en particular.

Existen diversos métodos de explotación para investigar, el primer pasó, corresponde al reconocimiento del terreno in situ, tipo de agregado, volumen necesario, disponibilidad de los materiales, estos datos pueden obtenerse por referencia de otros bancos de materiales, explotados anteriormente o mediante los métodos exploratorios, como son: estudio de mapas geológicos o fotografías aéreas y como etapa definitiva, tener en cuenta la elaboración de un programa de explotación del terreno , dentro de parámetros permisibles y no alterar los recursos naturales no renovables, evitando dañar el medio ambiente.

**a) Métodos:** Para la exploración y localización de los bancos de materiales y fuentes de agua, se llevan a cabo por métodos exploratorios, como son: la fotointerpretación, el método de prospección física o por reconocimiento terrestre directo.

**b) Procesos:** Brevemente a continuación presentamos los procesos de los métodos anteriormente mencionados:

➤ **Fotointerpretación:** Esta técnica es empleada basándose en el estudio de fotografía aérea que se encuentra a escala, de estas observaciones, se tiene una serie de datos que permiten la identificación de los tipos de formaciones del suelo y rocas. Entre los datos podemos obtener del estudio de fotointerpretación, se encuentra la clasificación petrográfica; descripción morfológica grados de meteorización; clasificación y descripción de fracturas, clasificación y descripción de fracturas, grietas, fallas, etc. Recubrimiento del área no aprovechable para la construcción.

- **Prospección física:** Llamada también exploración indirecta, este método emplea elementos geofísicos que interrelacionan parámetros físicos de fuerza cuando se manifiesta diferencias en dichos parámetros, indican que también hay diferencias en el subsuelo en estudio, por lo tanto, establecen las características de espesor del subsuelo en estudio. Existen tipos de elementos, mencionaremos algunos casos como son: gravimétrico, sísmico magnético, eléctrico, etc.
  
- **Reconocimiento terrestre directo:** En este método es necesaria la opinión de un geólogo, que nos pueda dar a conocer el origen de los materiales (rocas, agregados, etc.), a la vez estas dan origen, a los materiales pétreos o inertes que se requieren en la construcción.

c) **Muestreo:** El muestreo es la recolección del agregado de acuerdo a como se encuentra en la cantera. Esta fase debe de ser muy cuidadosa, porque la muestra debe de ser representativa de todo el material, para que los ensayos arrojen resultados coherentes con la realidad.

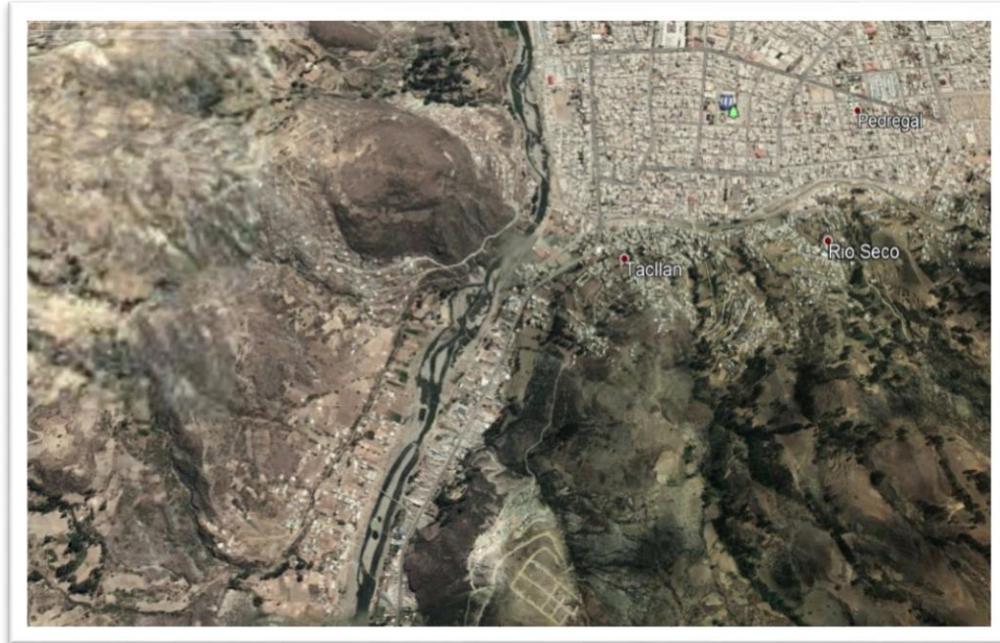
Estos se efectúan recolectando la cantidad adecuada de material, dependiendo del ensayo que se desea realizar.

Si en una misma cantera hay dos o más zonas diferenciadas, se puede zonificar la cantera para muestrear de acuerdo a esta. No se muestrea material con tamaño mayor a 3", sino que se hace una estimación visual del porcentaje en que se encuentra en el material y se anota como observación.

Esta muestra, o las muestras si queremos zonificar la cantera, bien identificadas y cerradas herméticamente para conservar el contenido de humedad natural del material, se llevan al laboratorio para ser ensayadas y posteriormente evaluadas sus resultados para determinar su empleo. Para realizar un estudio de los agregados de la cantera QUECHCAP, se obtuvieron muestras representativas de dos zonas para el análisis tanto del agregado natural y artificial.

Se ubicaron de forma estratégica, de tal manera que el muestreo sea lo más representativo posible en cada una de las canteras, poniendo especial cuidado que las muestras obtenidas sean limpias y carezcan de impurezas, por tal motivo la recolección se realizó fuera de la zona urbano y se excavó previamente unos 15cm. Para eliminar los materiales orgánicos, piedras.

**Explotación:** Es el conjunto de actividades, mediante las cuales se extraen materiales de un banco para ser empleados en una obra determinada.



**Figura N° 010:** Ubicación de las cantera Quechcap Huaraz.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Diseño de Mezcla:**

La dosificación del Concreto deberá basarse en datos obtenidos en laboratorio, en las cuales han sido utilizados los materiales a ser empleados en obra, dicha información de materiales serán las siguientes: (Abanto, 2007).

- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.
- Peso unitario del agregado grueso
- Peso específico de masa, porcentajes de absorción y humedad de los agregados a utilizarse
- Tipo y marca del cemento escogido
- Peso específico del cemento escogido
- Requerimientos de agua de mezclado en base a experiencias con los agregados disponibles
- Relaciones entre la resistencia y la relación agua cemento, para las combinaciones posibles de cemento y agregado.

Una vez que se conocen las propiedades inherentes a cada uno de los componentes del concreto permeable, es necesario que éstos se combinen en

proporciones adecuadas para cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión y permeabilidad), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto.

El diseño de mezclas del concreto permeable se asemeja al diseño de mezclas del concreto convencional por el método del ACI, ambos utilizan cuadros obtenidos empíricamente de ensayos realizados, sin embargo, en cuanto a los alcances de ambos diseños son totalmente diferentes. (Report on Pervious Concrete, ACI 522R-10).

#### **Método del Comité 211 del ACI:**

Se determina el contenido de agregado grueso mediante la tabla, elaborada por el Comité 211 del ACI, en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. La tabla permite obtener un coeficiente  $b/b_0$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso entre el peso unitario seco y compactado del agregado grueso expresado en kg/ m<sup>3</sup>. Las canteras.

#### **Resumen del proceso del método:**

- a. Selección de la resistencia promedio.
- b. Selección del tamaño máximo nominal de agregados gruesos.
- c. Selección del asentamiento (slump).
- d. Selección del volumen unitario de agua (tablas).
- e. Selección de Contenido de aire (tablas).
- f. Selección de la relación agua /cemento (tablas).
- g. Determinación del cemento.
- h. Determinación del agregado (tablas).
- i. Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes.
- j. Determinación del peso seco del agregado fino.
- k. Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente.

**Desarrollo del método paso a paso:**

a. **Selección de la resistencia promedio:**

$$f'_{cr} = f'_c + 1.34s \dots\dots\dots I$$

$$f'_{cr} = f'_c + 2.33s - 35 \dots\dots\dots II$$

De I y II se asume la de mayor valor. Donde s es la desviación estándar. Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores:

**Tabla N° 009:** Determinación de la resistencia promedio

$f'_c$ $f'_{cr}$	$f'_{cr}$
Menos de 210	$f'_c + 70$
210-350	$f'_c + 84$
> 350	$f'_c + 98$

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 010:** Grado de control de calidad en la obra:

Nivel de Control	$f'_{cr}$
Regular o Malo	1.3 a 1.5 $f'_c$
Bueno	1.2 $f'_c$
Excelente	1.1 $f'_c$

**Fuente:** Elaboración propia.

b. **Selección del tamaño máximo nominal de agregados gruesos:**

La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colado sin cavidades o huecos.

c. **Selección del asentamiento (slump):**

Se determina la trabajabilidad del concreto fresco mediante el ensayo de slump realizado mediante el uso de cono de Abrams, en este paso se selección el slump teórico a alcanzar según las solicitudes de la obra.



**Figura N° 011:** Determinación del Slump del concreto permeable.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**d. Selección del volumen unitario de agua (tablas):**

el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido tabla 009 volumen de agua por m<sup>2</sup>.

**Tabla N° 011:** Selección del volumen unitario de agua.

Asentamiento	agua en lt./m <sup>2</sup> , para TNM agregados y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	concreto sin aire incorporado							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
	concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

**Fuente:** Tecnología del concreto Abanto.

e. **Selección de Contenido de aire (tablas):**

**Tabla N° 012:** Contenido de aire atrapado.

TNM del agregado grueso	aire atrapado %
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
4"	0.20

**Fuente:** Elaboración propia.

f. **Selección de la relación agua /cemento (tablas):**

el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera.

**Tabla N° 013** Relación agua cemento por resistencia.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'c) (Kg/cm2)	RELACION AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	....
400	0.43	....
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
280	0.58	0.49
250	0.62	0.53
210	0.68	0.59
200	0.70	0.61
175	0.75	0.66
150	0.80	0.71

**Fuente:** Elaboración propia.

g. **Determinación del cemento:**

El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua.

h. **Determinación del agregado (tablas):**

**Tabla N° 014:** Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

TNM del agregado grueso	volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos módulos de finiza del fino (b/b0)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Elaboración propia.

**i. Determinación de los volúmenes absolutos de sus componentes:**

el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.

**j. Determinación del peso seco del agregado fino:**

Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia.

**k. Determinación de los valores de proporciones de sus componentes y su correspondiente:**

Este paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados para luego realizar los ajustes a las mezclas de prueba.

**Tabla N° 015:** Módulo de finiza de la combinación de agregados.

TNM del agregado grueso	módulo de finiza de la combinación de agregados el cual de las mejores condiciones de trabajabilidad para distintos contenidos de cemento en bolsas/m3 (m)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	5.09

3"	6.16	6.24	6.31	6.39
----	------	------	------	------

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 016:** Contenido de aire incorporado y total.

TNM del agregado grueso	contenido de aire total (%)		
	exposición suave	exposición moderado	exposición severa
3/8"	4.50	6.00	7.50
1/2"	4.00	5.50	7.00
3/4"	3.50	5.00	6.50
1"	3.00	4.50	6.00
1 1/2"	2.50	4.00	5.50
2"	2.00	3.50	5.00
3"	1.50	3.00	4.50
6"	1.00	2.50	4.00

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Etapas para la elaboración del concreto:**

Las etapas para la elaboración del concreto son las siguientes:

**Toma de muestras del concreto fresco:** Para recoger las muestras del concreto fresco, se utilizaron recipientes de material no absorbentes, de preferencia metálicos, de forma y tamaños adecuados a fin de impedir la segregación de los agregados. Además, se contó una pala o cucharón para homogeneizar la muestra, antes de realizar los ensayos.

En el momento de sacar las muestras se tomaron todas las precauciones necesarias para conseguir que sean realmente representativas del concreto a tratar, para ello la corriente de descarga de la hormigonera se dirigió para que caiga al recipiente, teniendo cuidado, además, de que la velocidad de descarga no fuera tan pequeña como para producir la segregación del material.

El tiempo transcurrido entre la toma y el uso de la muestra de concreto no excedió de 15 minutos.

**Ensayo de consistencia o slump mediante el cono de Abrams:** El denominado ensayo de asentamiento o slump, llamado también de revenimiento o “slump test”, se encuentra ampliamente difundido y su empleo es aceptado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco.

El ensayo consistió en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento del concreto luego de desmoldarlo. El comportamiento del concreto en la prueba, indica su consistencia o sea la capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad, manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido de agua en la mezcla.

En los concretos bien proporcionados, el contenido de agua necesario para producir un asentamiento determinado depende de varios factores: se requiere de más agua con agregados de forma angular y textura rugosa; reduciéndose su contenido al incrementarse el tamaño máximo del agregado.

Para realizar el ensayo de consistencia utilizamos un molde troncocónico y una varilla de 5/8” con punta de bala, el molde descansa sobre una superficie plana no absorbente, dicho molde se llenó en tres capas, luego se compacto cada capa mediante 25 golpes con la varilla de acero, estos golpes se les propinan en forma distribuida y en forma de espiral, se tuvo cuidado que la barra solo compacte la capa ensayada.

La última capa se enrasa con ayuda de una espátula para luego levantar el molde verticalmente y con mucho cuidado; el ensayo culmina al medir el asiento del concreto que es la diferencia entre la altura del molde y la cara superior central de la mezcla.



**Figura N° 012:** Determinación del slump del concreto permeable.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Elaboración de probetas cilíndricas de concreto:** Para la elaboración de la presente tesis se utilizó probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30cm de altura. Se elaboraron probetas cilíndricas para un concreto permeable, las cuales fueron ensayadas a las edades de 7 ,14 y 28 días de curado. Para ello fue necesario ensayar tres probetas de concreto con diferente relación agua cemento, para cada edad en los días programados.

Al momento de vaciado del concreto el molde, previamente el molde debe estar limpio y en su parte interior fueron cuidadosamente aceitadas. El moldeo de las probetas se efectuó sobre una superficie horizontal, libre de vibraciones, el llenado de la probeta se efectuó evitando la segregación y vertiendo el concreto con la cuchara; luego de mezclarse el concreto se llenan los moldes en tres capas, cada una de ellas a un tercio de la altura del molde y compactadas enérgicamente con la barra compactadora con 25 golpes en forma vertical y en forma de espiral empezando por los extremos hasta llegar al centro y así sucesivamente con las otras dos capas

superiores, en la capa ultima se agregara material hasta rebosar, retirando el material excedente y enrasamos la superficie del molde tratando de lograr un buen acabado, luego de ello con la ayuda de un martillo de goma se propicia golpes para eliminar vacíos.

Las probetas fueron retiradas de los moldes entre las  $20 \pm 4$  horas, después de ser moldeados se procedió soltando los elementos de cierre y luego de un momento se retiraron cuidadosamente los moldes.

Las probetas fueron identificadas en su cara superior con nombre y edad de elaboración, con la ayuda de un lápiz de cera.



**Figura N° 013:** Elaboración de probetas cilíndricas de concreto patrón, experimental 01 y experimental 02.

**Fuente:** Elaboración propia.

**Curado del concreto permeable:** El curado es uno de los elementos fundamentales para obtener un pavimento con las condiciones deseadas. La estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. Este proceso requiere una mayor atención y

cuidado que el que se tiene en los pavimentos de concreto convencional, debido a la gran superficie de contacto del concreto con el ambiente. Un proceso erróneo de curado en los primeros 7 días puede reducir la durabilidad de la superficie en un 60% (ACI 522, 2006). El proceso de curado debe comenzar inmediatamente después de compactar y producir las juntas transversales.

El procedimiento de curado normalmente utilizado es el de cubrir la superficie expuesta con un material de polietileno claro de 0.15 mm o más grueso, en la dimensión suficiente para que pueda cubrir el ancho completo de un carril a lo largo de una distancia razonable, como se muestra en la figura 014. Los materiales tejidos, tales como yute o una tela geotextil, no deben usarse, ya que no retendrán la humedad en el concreto. Los componentes de curado a base de cera no producen resultados aceptables.

Las operaciones de enrasado, compactación y curado, deben realizarse en una secuencia continua como sea posible para evitar el secado de la superficie exterior del concreto permeable. Después del proceso de colocación, tan pronto como la operación de enrasado culmine, deben empezar las operaciones de compactación.

El recubrimiento con hojas de polietileno debe de traslaparse en todas las superficies expuestas de modo que pueda quedar fijo en el lugar. Pueden usarse varillas de refuerzo, madera, o bloques de concreto para fijar el recubrimiento de polietileno, a fin de evitar que sea levantado por el viento. No deben usarse tierra, arena u otro material granular, ya que puede ser lavado, o penetrar en los poros del concreto al momento de la remoción. La hoja debe ser jalada y estirada tanto como sea posible para eliminar los pliegues y minimizar la posibilidad de decoloración o de manchas rayadas en el concreto. Todas las orillas del pavimento deben ser cubiertas apropiadamente. Si no se hace esto, puede dar como resultado desmoronamiento en los bordes expuestos.



**Figura N° 014:** Curado de cilíndricas de concreto permeable según Norma (ACI 522, 2006).  
**Fuente:** Elaboración propia.

### **Ensayos en estado endurecido del concreto permeable:**

#### **Resistencia a la compresión:**

Según la norma (ACI 522). La resistencia a la compresión del concreto ha sido tradicionalmente la propiedad más identificada con su comportamiento como material de construcción, lo cual se debe a tres principales razones:

- En la mayoría de casos, la resistencia a la compresión tiene influencia directa en la capacidad de carga de las estructuras.
- Es la propiedad más fácil de determinar en el concreto endurecido.
- Los resultados de su determinación pueden ser utilizados como datos índices de otras propiedades del concreto.

Al igual que el concreto convencional esta propiedad en el concreto permeable no debe ser relacionada exclusivamente con la calidad del concreto, más bien debe ser vista como una de las diversas propiedades que el concreto permeable endurecido requiere para ser durable. La resistencia a compresión del concreto permeable no es una propiedad definida al igual que el concreto convencional como pudiera suponerse debido a varios factores y condiciones cambiantes que intervienen en su determinación. Debido a que en la actualidad se viene trabajando métodos de prueba para este ensayo (ACI 522), en el presente trabajo de investigación se tomó como referencia trabajos anteriores tanto como para la elaboración de especímenes como para el ensayo a compresión.



**Figura 015:** Resistencia a la compresión de un concreto poroso laboratorio de mecánica de suelos -USP.

**Fuente:** Elaboración propia.

Según: Antonio Aguado de Cea, José Dolz Ripollés y Jordi-Joan Roselli Selvas en su libro: UN MATERIAL PERMEABLE Y RESISTENTE APROXIMACION AL HORMIGON POROSO, D (tamaño máximo o granulometría del árido grueso) La estructura interna de un H.Por. puede describirse como un conjunto de partículas de árido grueso, en contacto y unidas entre sí por puentes construidos por el mortero que forman la arena y el conglomerante. Estos puentes son los que movilizan la

resistencia del hormigón. De hecho, la rotura de una probeta en la prensa, no es sino el resultado de la rotura de los puentes aludidos. En contadísimas ocasiones se produce la fractura del árido grueso. El número de puentes que se forman por unidad de volumen es función principalmente del tamaño y la gradación del árido grueso. En el proyecto de investigación que se está llevando a cabo, se ha utilizado hasta el momento, o bien áridos muy uniformes 5/10, 13/19, 19/25 estrictos, o bien granulometrías más graduadas, en conjunto 5/18 o 12/25.

Las diferencias que presenta el H.Por. en función del tipo de árido grueso son notables. Con un árido uniforme se consigue menos resistencia que con uno graduado y tanta menos cuanto mayor sea el diámetro del árido. Las variaciones en la porosidad son, en cambio, de signo contrario. Obsérvese los resultados de la tabla 017 donde pueden apreciarse las diferencias aludidas debidas únicamente a D, a igualdad de las demás condiciones.

**Tabla N° 017:** Variación de la resistencia a compresión y la porosidad en función de D resistencia a la compresión.

D (en mm)	19/25	5/12
POROSIDAD( %)	35	8
RESISTENCIA(Kp/cm2) a 28 días	60	100

**Fuente:** Antonio Aguado de Cea, José Dolz Ripollés y Jordi-Joan Roselli Selvas.

### **Relación ponderal entre el árido F/G:**

(fino y el árido grueso) El parámetro F/G tiene gran influencia en el comportamiento del H. Por. Está íntimamente relacionado con D, de manera que a mayor tamaño del árido grueso, y más uniforme, F/G debe ser menor. La experimentación llevada a cabo hasta el momento parece indicar que el valor de F/G debe oscilar entre 0.05 y 0.30. Una relación F/G inferior a 0.05 impide la formación de puentes suficientemente resistentes con dotaciones de cemento, y por otro lado "desampara" excesivamente el conglomerante frente a ataques químicos de sustancias transportadas por el agua o del agua pura misma. Valores elevados de F/G producen efectos en función de la relación A/C. Así, con un valor elevado de esta relación, se produce.

**Tabla N° 018:** Variación de la resistencia a compresión y la porosidad en función de F/G (El primer resultado corresponde a un árido con  $D=19/25$ , el resto a uno con  $D=5/12$ ).

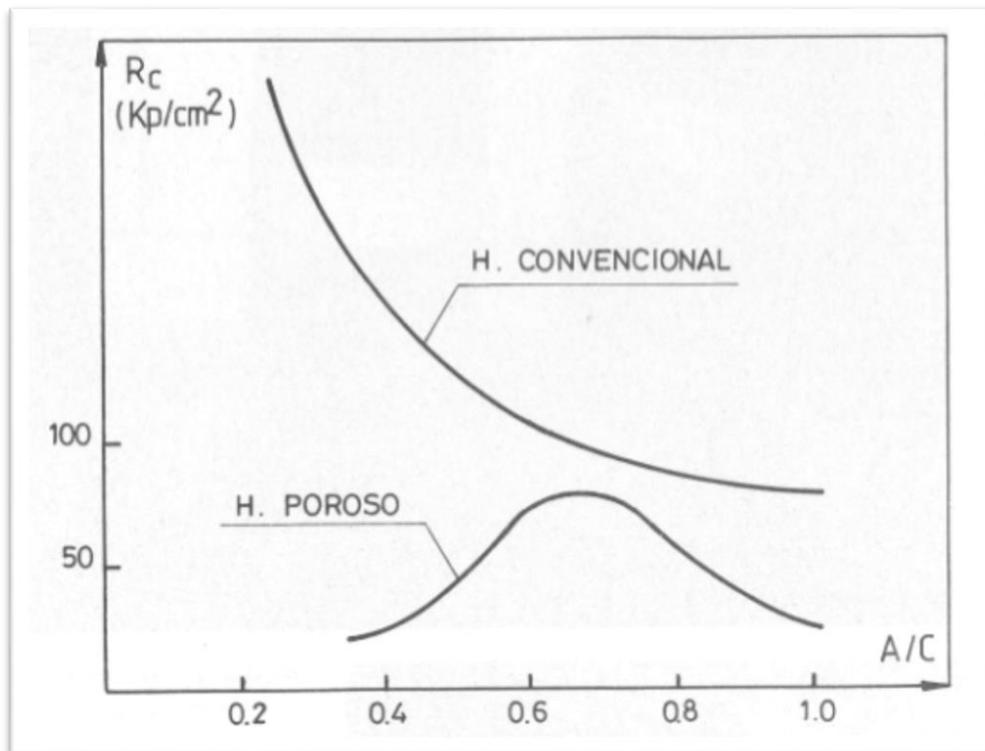
F/G	0.10	0.25	0.44	0.68
POROSIDAD(en %)	36	19	10	6
RESISTENCIA a 28 d. (en kp/cm <sup>2</sup> )	35	70	105	185

**Fuente:** Antonio Aguado de Cea, José Dolz Ripollés y Jordi-Joan Roselli Selvas.

### **Relación ponderal entre el agua y el conglomerante A/C:**

Así como en el hormigón convencional la relación A/C y la resistencia a compresión están inversamente relacionadas, en el H. Por. la dependencia es más compleja debido a que el agua juega un papel decisivo como lubricante cuando se trata de compactar el H. Por., sobre todo si esa operación se realiza por vibración. Se ha podido determinar, que las resistencias obtenidas al variar la relación A/C, en una dosificación con  $F/G=0.25$ , presentan un máximo entre los valores 0.6 y 0.7 de A/C, tal como se muestra en la figura mostrada. Por encima de este intervalo se produce una lógica caída de la resistencia; por debajo, disminuye también, pero por falta de compacidad. la relación A/C óptima debe variar de forma moderada con F/G y en el mismo sentido.

Cuando la compactación se realiza por apisonado, las dotaciones de agua pueden disminuir hasta llegar a valores de la relación A/C del orden de 0.35 a 0.40. En éste caso la relación A/C es prácticamente independiente' de la relación F/G.



**Figura N° 016:** Comparación de resistencia en relación con un concreto convencional.  
**Fuente:** Elaboración propia.

### Prueba a la infiltración:

Según: Antonio Aguado de Cea, José Dolz Ripollés y Jordi-Joan Roselli Selvas en su libro: UN MATERIAL PERMEABLE Y RESISTENTE APROXIMACION AL HORMIGON POROSO, DA (Densidad aparente alcanzada en la puesta en obra) El tema de la puesta en obra de un H. Por. introduce una novedad importante en relación al hormigón convencional. De una parte, el material, por su estructura interna, es susceptible de alcanzar un mayor o menor grado de compactación en función de la energía proporcionada, y de cómo se le aplique, presentando una sensibilidad mucho mayor que el hormigón convencional. Por otra parte, las propiedades (resistencia y permeabilidad en particular) que vaya a tener el material en el futuro presentan una fuerte dependencia del valor de la densidad aparente alcanzada. Ello hace que dos hormigones de la misma amasada presenten características y comportamientos bastante distintos en función de la densidad alcanzada en su puesta en obra. En la tabla se pone de manifiesto este hecho y se aprecia como al alcanzar valores de DA más elevados, aumenta la resistencia y disminuye la porosidad. La compactación por vibración superficie presenta distintas

particularidades en función de la geometría. Nissoux en [4] afirma que pequeños espesores de material (hasta 20 cm.) son bien compactados con alta frecuencia, mayor amplitud y también mayor fuerza centrífuga. La otra forma de compactación, el apisonado, está quizás menos estudiada, pero ha sido bastante utilizada. Una de las ventajas que presenta es, como se ha visto, la de permitir rebajar la dotación de agua hasta en un 30%.

**Tabla N° 019:** Variación de la resistencia a compresión, la porosidad y la permeabilidad en función de la densidad aparente DA.

	Permeabilidad. cm/seg.	
i=0.1	1.692	0.675
i=1.0	0.775	0.296

**Fuente:** Antonio Aguado de Cea, José Dolz Ripollés y Jordi-Joan Roselli Selvas.

### Aspectos hidráulicos:

El parámetro fundamental a utilizar en la caracterización hidráulica del hormigón poroso es la permeabilidad K:

$$K=V/i$$

Donde:

V.- es la velocidad media de filtración (caudal filtrado por unidad de área).

i.- es el gradiente hidráulico (cociente entre la carga de agua y la altura de la probeta).

Según el (ACI 522). Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad, se diseñó un permeámetro de carga variable, tomando como base el descrito en el ACI 522, como se muestra en la figura, el cual consiste en un cilindro vertical de sección de área A, donde se aloja la muestra a la que se le determinará el coeficiente de permeabilidad. El cilindro está unido a un tubo cilíndrico de diámetro constante, cuya sección es a, el cual debe estar graduado. La muestra de concreto permeable se coloca envuelta en una membrana de látex para evitar que el agua fluya por los lados del espécimen. Se agrega agua al cilindro graduado para llenar la celda del espécimen y el tubo de drenaje. Cuando la muestra está saturada y el flujo es establecido, se toma una lectura de altura de columna de

agua en el tubo transparente,  $h_1$ . Se marca la altura de inicio y se abre la válvula que conecta a la muestra al tiempo de que se inicia el conteo en el tiempo,  $t_1$ , hasta que el nivel de agua llega a la altura  $h_2$ , en el tiempo final  $t_2$  (ver figura).



**Figura N° 017:** Permeámetro de carga variable para medir la permeabilidad.  
**Fuente:** Elaboración propia.

**Variables:**

**Cuadro N° 020:** Variable dependiente resistencia a la compresión.

VARIABLE	DEFINICIÓN	DEFINICIÓN	INDICADOR
DEP.	CONCEPTUAL	OPERACION	
		AL	
Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005). Evaluaremos tanto la resistencia a compresión. Según los objetivos de la investigación. (ASTM C-39 y ASTM C – 78)	Es el esfuerzo máximo que puede soportar una probeta bajo una carga.	Kg/cm <sup>2</sup>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro N° 021:** Variable dependiente permeabilidad.

VARIABLE DEP.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Permeabilidad.	Capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad, se diseñó un permeámetro de carga variable, tomando como base el descrito en el ACI 522	Capacidad para filtrar el agua	mm/s

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro N° 022:** Variable Independiente Piedra zarandeada y piedra chancada.

VARIABLE IND.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Piedra zarandeada y piedra chancada	Clasificaciones agregado utilizado en el concreto permeable son típicamente ya sea de un solo tamaño de agregado grueso o la clasificación de entre 3 / 4 pulgadas (19 y 9,5 mm). Agregados redondeados y artificial, se han utilizado para hacer concreto permeable. (ASTM D- 448 y ASTM C 33).	Utilizado en el concreto permeable son típicamente ya sea de un solo tamaño de agregado grueso.	kg.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **HIPÓTESIS:**

Utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap de un concreto  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup> permeable se podrá incrementar la Resistencia a la compresión respecto de un concreto patrón.

## **OBJETIVOS:**

### **Objetivo general:**

Determinar la resistencia a la compresión y la permeabilidad de un concreto  $f^c=210$ kg/cm<sup>2</sup> permeable. Utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap con respecto a un concreto patrón.

**Objetivo específico:**

- Determinar la caracterización del agregado grueso natural de la cantera Quechcap (muestra patrón).
- Determinar la caracterización del agregado grueso natural y chancada de la cantera Quechcap (muestra experimental).
- Determinar la relación a/c del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  de la muestra patrón y experimental.
- Determinar la resistencia a la compresión de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.
- Determinar la permeabilidad del concreto patrón y experimental a los 28 días.
- Compara e interpretar los resultados y validez estadística.

**2. METODOLOGÍA:****Tipo y diseño de investigación:****Tipo de investigación:**

La investigación es de tipo Experimental; en la que se emplearan variables dependientes e independientes.

Para la presente investigación se definió como variable independiente la piedra chancada y piedra zarandeada y como variable dependiente la resistencia a la compresión y la permeabilidad.

El objetivo de la investigación es conocer y verificar la resistencia del concreto permeable con cada uno de los agregados natural y triturada extraídos de la cantera Quechcap con respecto al concreto patrón.

La investigación es de enfoque cuantitativo, porque los datos consignados son numerales, se estudiarán los variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores, respuestas en los instrumentos de recolección de datos

### **Diseño de investigación:**

La unidad de análisis para esta investigación serán las diferentes pruebas que se le harán a los agregados y al concreto. Las pruebas que se realizarán serán las siguientes:

**Tabla 023:** Diseño de investigación: Resistencia a la compresión donde se elegirá al azar.

N°	Patrón	Experimental 01	Experimental 02
7	03	03	03
14	03	03	03
28	03	03	03

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 024:** Prueba de infiltración de cilindros.

N°	Patrón	Experimental 01	Experimental 02
28	03	03	03

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Población y muestra:**

#### **Población:**

Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas de diseño de concreto permeable según el estándar de construcción establecido  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **Muestra:**

Prueba de compresión de cilindros: Se realizaron tres especímenes por cada alternativa del concreto permeable, considerando que una alternativa consta de una resistencia y un agregado diferente, evaluado a una edad específica (7, 14, 28 días), es decir que en el día 7 se someterán a la prueba de compresión 9 cilindros, a los 14 días se reventaran otros 9 cilindros y por último a los 28 días se efectuara la prueba de compresión a los cilindros restantes que son 9. Por lo tanto, la prueba de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto permeable constara de un universo muestral de 27 cilindros en total, que se someterán a la prueba antes mencionada.

Prueba de infiltración cilindros: Para la prueba de infiltración se tomará como muestra un cilindro por cada alternativa de diseño, evaluándose a los 28 días, siendo un total de 03 cilindros que se somataran al método de prueba de la Norma ACI 522R.

### Técnicas e Instrumentos de Investigación:

**Tabla 025:** Técnicas e Instrumentos de Investigación.

TECNICA	INSTRUMENTO
Observación	Guía de observación Resumen. Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar.

**Fuente:** Elaboración propia.

Para esto utilizaremos como instrumento una guía de observación resumen porque nos permitirá elaborar sistemas de organización y clasificación de la información de los diversos ensayos y de la resistencia a la compresión.

### Procesamiento y análisis de la información:

Una vez recolectado nuestra información mediante el método de la experimentación procedemos a procesar los datos con los programas Excel.

Para el análisis de los datos se aplicará los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales para la presentación, descripción, análisis e interpretación de datos obtenidos en la observación por cada indicador ensayado. Los datos serán analizados con una tabla y gráfico.

### Método aplicado:

La metodología aplicada en la investigación fue el Método ACI

Las metodologías de investigación usadas en el presente trabajo son:

**Observación:** Se observó el estado actual de los pavimentos de concreto hidráulico de la ciudad de Huaraz. Se observó las resistencias de los concretos permeable sometido a la compresión de cilindros.

### 3. RESULTADOS:

### **Análisis granulométrico del agregado grueso:**

Para realizar el siguiente ensayo nos regimos por la NTP 400.012, de acuerdo a nuestro tamaño máximo nominal 3/4" la norma nos indica para el ensayo, tomar una muestra de 8 kg. esta muestra esta previamente cuarteada y llevada al horno por espacio de 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , el tamizado se hizo a través de los tamices 1", 3/4", 3/8" y N°4. El resultado del tamizado se expresa indicando el porcentaje retenido por cada tamiz referido al total de la muestra.

### **Características del agregado:**

**TABLA N°: 026** Contenido de humedad agregado grueso patrón (ASTM D-2216-71).

MUESTRA RECIPIENTE N°	AGREGADO GRUESO	
	N° 01	N° 43
1 Peso Recip + Suelo Humedo	1217.72	1330.32
2 Peso Recio + Suelo Seco	1214.71	1327.97
3 Peso Recipiente (gr)	164.10	163.80
4 Peso del Agua (1) - (2)	3.01	2.35
5 Peso Suelo Seco (2) - (3)	1050.61	1164.17
6 Humedad (4/5)*100(%)	0.29%	0.20%
HUMEDAD PROMEDIO	0.24%	

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**TABLA N° 027:** Contenido de humedad agregado grueso Exp. 01(ASTM D-2216-71).

MUESTRA RECIPIENTE N°	AGREGADO GRUESO	
	N° 01	N° 43
1 Peso Recip + Suelo Humedo	1218.15	1330.50
2 Peso Recio + Suelo Seco	1215.45	1328.79
3 Peso Recipiente (gr)	164.10	163.80
4 Peso del Agua (1) - (2)	2.70	1.71
5 Peso Suelo Seco (2) - (3)	1051.35	1164.99
6 Humedad (4/5)*100(%)	0.26%	0.15%
HUMEDAD PROMEDIO	0.20%	

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**TABLA N° 028:** Contenido de humedad agregado grueso Exp. 02 (ASTM D-2216-71).

MUESTRA	AGREGADO GRUESO
---------	-----------------

RECIPIENTE N°	16	21
1 Peso Recip + Suelo Humedo	939.50	828.50
2 Peso Recio + Suelo Seco	937.75	818.98
3 Peso Recipiente (gr)	161.90	167.70
4 Peso del Agua (1) - (2)	1.75	9.52
5 Peso Suelo Seco (2) - (3)	775.85	651.28
6 Humedad (4/5)*100(%)	0.23%	1.46%
HUMEDAD PROMEDIO	0.84%	

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

De las tablas 26, 27 y 28 se pueden observar el contenido de humedad de los realizados se obtuvo 0.24% para concreto patrón.

**Tabla 029:** Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso patrón (Según Norma ASTM C-127).

IDENTIFICACION	N° 15	N° 23	N° 41	PROMEDIO
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire )	1016.05	1096.73	968.35	1027.04
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua )	626.85	670.30	610.05	635.73
C vol.ded masas/ vol.de vacios =A-B	389.20	426.43	358.30	391.31
D Peso Mat. Seco En Estufa(105°c)	1003.17	1090.70	962.14	1018.67
E Vol. De Masa = C -(A-D)	376.32	420.40	352.09	382.94
Pe Bulk( Base Seca) =D/C	2.58	2.56	2.69	2.61
Pe Bulk( Base Saturada) =A/C	2.61	2.57	2.70	2.63
Pe Aparente (Base Seca) =D/E	2.67	2.59	2.73	2.66
% De Absorcion =((A-D)/D) * 100	1.28	0.55	0.65	0.82

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**Tabla N° 030:** Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso Exp. 01 (Según Norma ASTM C-127).

IDENTIFICACION	N° 15	N° 23	N° 41	PROMEDIO
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire )	1005.20	1103.14	968.90	1025.75
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua )	625.50	662.50	604.50	630.83
C vol.ded masas/ vol.de vacios =A-B	379.70	440.64	364.40	394.91
D Peso Mat. Seco En Estufa(105°c)	998.80	1094.80	960.30	1017.97
E Vol. De Masa = C -(A-D)	373.30	432.30	355.80	387.13
Pe Bulk( Base Seca) =D/C	2.63	2.48	2.64	2.58
Pe Bulk( Base Saturada) =A/C	2.65	2.50	2.66	2.60
Pe Aparente (Base Seca) =D/E	2.68	2.53	2.70	2.64
% De Absorcion =((A-D)/D) * 100	0.64	0.76	0.90	0.76

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**Tabla N° 031:** Gravedad Especifica Y Absorción Agregado grueso Exp. 02 (Según Norma ASTM C-127).

IDENTIFICACION		12	21	39	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire )	1047.00	1045.50	780.00	957.50
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua )	754.40	684.40	496.90	645.23
C	vol.ded masas/ vol.de vacios =A-B	292.60	361.10	283.10	312.27
D	Peso Mat. Seco En Estufa(105°C)	1040.00	1038.00	775.00	951.00
E	Vol. De Masa = C -(A-D)	285.60	353.60	278.10	305.77
	Pe Bulk( Base Seca) =D/C	3.55	2.87	2.74	3.06
	Pe Bulk( Base Saturada) =A/C	3.58	2.90	2.76	3.08
	Pe Aparente (Base Seca) =D/E	3.64	2.94	2.79	3.12
	% De Absorcion =((A-D)/D) * 100	0.67	0.72	0.65	0.68

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**Tabla N° 032:** Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso patrón.

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA N°	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	18947	19280	18250	18870	18795	19690
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	13614	13947	12917	13537	13462	14357
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.457	1.493	1.383	1.449	1.441	1.537
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.44			1.48		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**Tabla N° 033:** Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso Exp. 01.

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA N°	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	19039	19893	19012	19653	19667	19675
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	13706	14560	13679	14320	14334	14342
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.467	1.559	1.464	1.533	1.535	1.535
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.50			1.53		

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

**Tabla N° 034:** Peso Unitario Suelto Del Agregado grueso Exp. 02.

TIPO DE PESO UNITARIO MUESTRA N°	PESO UNITARIO SUELTO			PESO UNITARIO VARILLADO		
	1	2	3	1	2	3
PESO MATERIAL + MOLDE	21275	20975	20675	21310	21280	21250
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	15942	15642	15342	15977	15947	15917
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341

PESO UNITARIO	1.707	1.675	1.642	1.710	1.707	1.704
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.67		1.52			

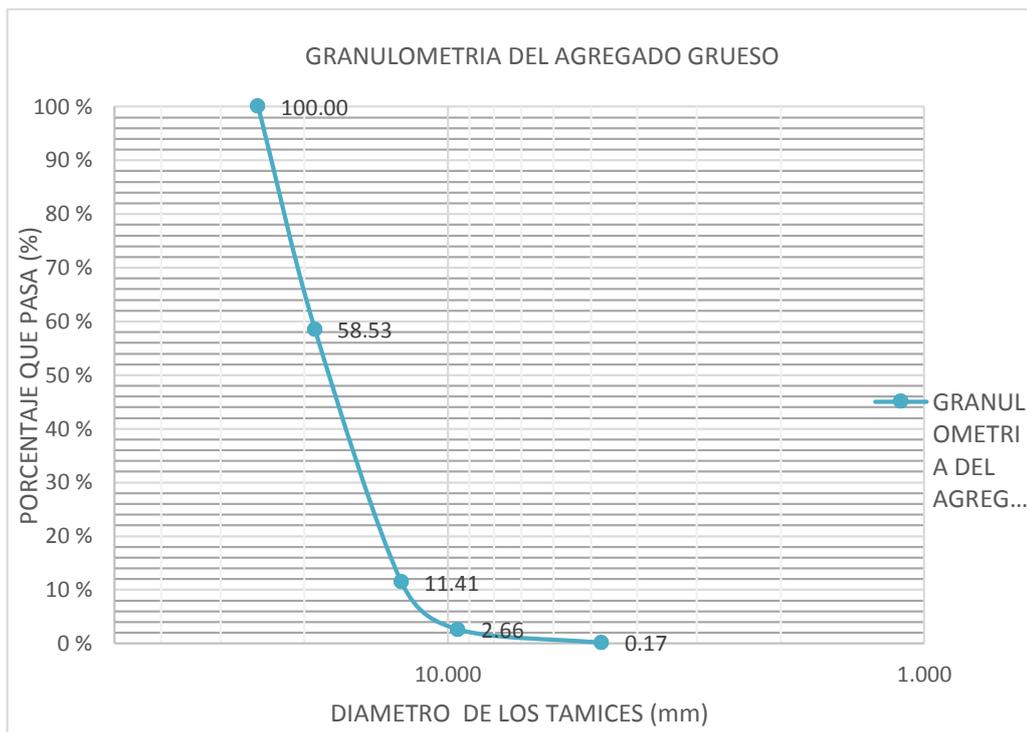
**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

Luego del proceso de gradación del agregado grueso, se tuvo que realizar la correcta distribución de los porcentajes retenidos en las diferentes mallas, teniendo en cuenta lo mencionado por la NTP 339.607.

**Tabla N° 035:** Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidéz patrón (ASTM C-33).

N°	TAMIZ	peso Reten. (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que Pasa
	ABERT.(mm)				
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	7232.85	41.47	41.47	58.53
1/2"	12.500	8219.93	47.13	88.59	11.41
3/8"	9.500	1525.00	8.74	97.34	2.66
N° 04	4.750	435.02	2.49	99.83	0.17
PLATO TOTAL		29.43 17442.23	0.17	100.00	0.00
CONDICIÓN:	Arena Gruesa				
Total:	17442.23 g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	7.39				

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

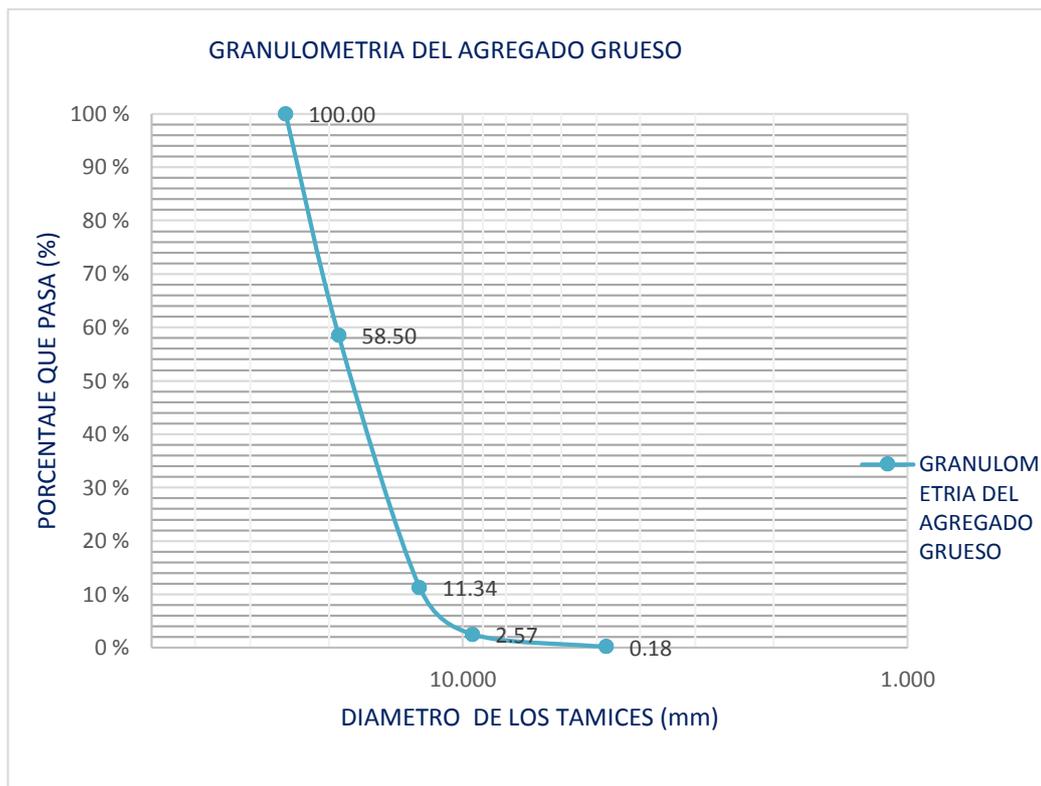


**Figura N° 018.** Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación patrón (ASTM C 33).

**Tabla N° 036:** Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez Exp. 01(ASTM C-33).

N°	TAMIZ ABERT.(mm)	peso Reten. (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que Pasa
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	7233.70	41.50	41.50	58.50
1/2"	12.500	8220.50	47.16	88.66	11.34
3/8"	9.500	1527.00	8.76	97.43	2.57
N° 04	4.750	417.50	2.40	99.82	0.18
PLATO TOTAL		31.27 17429.97	0.18	100.00	0.00
CONDICIÓN:	Arena Gruesa				
Total:	17429.97 g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	7.39				

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

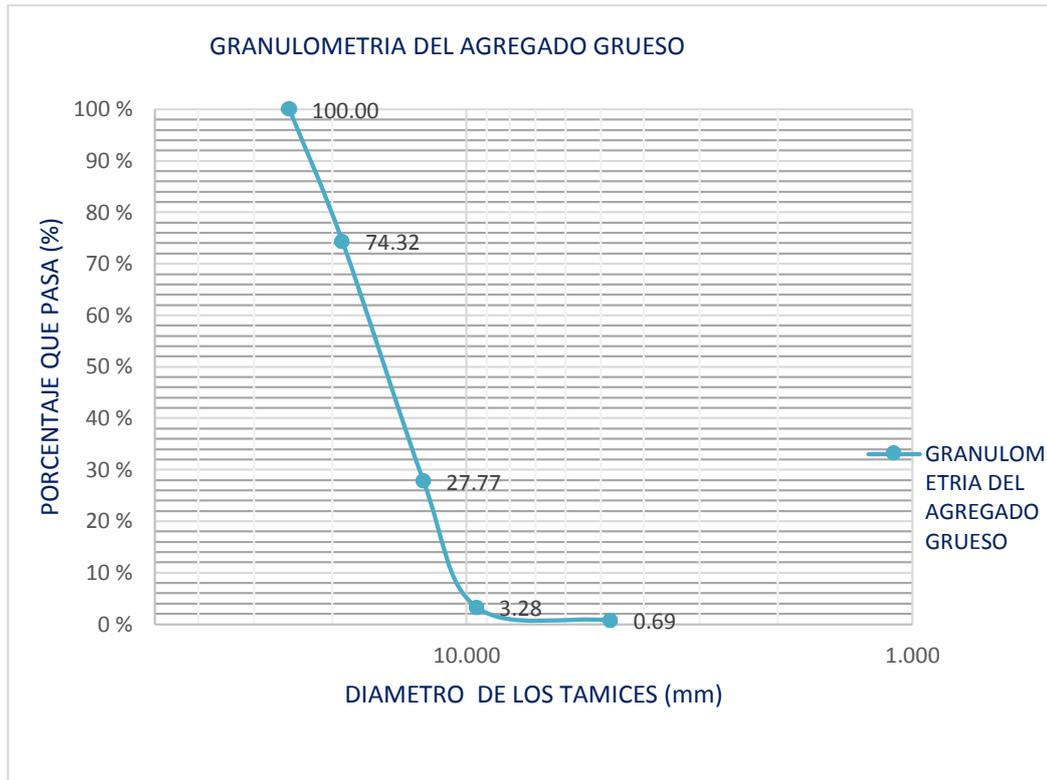


**Figura N° 019:** Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación Exp. 01 (ASTM C 33).

**Tabla N° 037:** Requisitos Físicos De Gradación Para El Cálculo De La Fluidez Exp. 02(ASTM C-33).

N°	TAMIZ ABERT.(mm)	peso Reten. (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que Pasa
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	1015.50	25.68	25.68	74.32
1/2"	12.500	1840.45	46.55	72.23	27.77
3/8"	9.500	968.50	24.49	96.72	3.28
N° 04	4.750	102.50	2.59	99.31	0.69
PLATO		27.16	0.69	100.00	0.00
TOTAL		3954.11			
CONDICIÓN:	Arena Gruesa				
Total:	3954.11g				
Diagnóstico:	Procede				
Módulo de Finura	7.39				

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.



**Figura N° 020:** Análisis granulométrico del agregado grueso según los requisitos físicos de gradación Exp. 02 (ASTM C 33).

**Determinación de Diseño de mezclas de concreto permeable norma: ACI 522R – 10:**

Para conocer las proporciones se debe de saber algunas características de los materiales que se emplearan en la elaboración del concreto permeable. Entre ellas están: Densidad del cemento, la densidad seca varillado del agregado grueso, la gravedad específica del agregado grueso, el porcentaje de absorción del agregado y la densidad del agua.

Del mismo modo se debe de tener claro el porcentaje de vacíos al cual se quiere llegar con la condición que debe ser igual al 15% y la relación agua cemento usando aditivo (reductor de agua alto rango tipo F) puede variar entre 0.27 - 0.3 y al no usar aditivo su relación agua cemento se ubica en los intervalos de 0.35-0.45. Se debe de tomar en cuenta que el tamaño del agregado a usarse tiene que ser #8, #7, #67, ya que tales rangos de agregado permiten que el concreto tenga un mejor acabado y

permite una mejor cohesión entre las partículas generando el porcentaje de vacíos requerido

En anexo se adjunta el diseño de mezcla de concreto permeable

**Determinación de la relación a/c del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> de la muestra patrón y experimental según norma ACI:**

Para la te determinación la relación agua cemento en su estado fresco se tomó mediante ábacos determinado así la relación a/c para una resistencia 210kg/cm<sup>2</sup> de 0.30 para un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ .

El revenimiento Como era de esperarse, las mezclas de concreto permeable resultaron con revenimiento cero, por lo cual tienen una consistencia rígida o seca, como se muestra en la imagen.



**Figura 021:** Revenimiento cero de la mezcla de concreto permeable de  $\frac{3}{4}$ .

**Fuente:** Elaboración propia.

### Resistencia a la compresión:

Según la norma ASTM C-109 y su actual réplica NTP 334.051, establecen el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado. El esfuerzo a la compresión se expresa en Kg/cm<sup>2</sup> se calcula con la siguiente expresión:

$$f'c = \frac{P}{A}$$

Dónde:

P = carga máxima de rotura (Kg)

A = área de la sección transversal (cm<sup>2</sup>)

f'c = Resistencia a la compresión (Kg/cm<sup>2</sup>)

Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a los 7, 14 y 28 días concreto patrón.

**Tabla N° 038:** Ensayos de Compresión Patrón 7 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
PATRÓN 1A-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>6409</b>	36.27	17.27%
PATRÓN 1A-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>6740</b>	38.14	18.16%
PATRÓN 1A-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>6954</b>	39.35	18.74%
		<b>Promedio</b>	37.92	41.68

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 039:** Ensayos de Compresión Patrón 14 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
PATRÓN 1A-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>10338</b>	58.50	27.86%
PATRÓN 1A-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>10763</b>	60.91	29.00%
PATRÓN 1A-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>11163</b>	63.17	30.08%
		<b>Promedio</b>	60.86	66.89

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 040:** Ensayos de Compresión Patrón 28 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
PATRÓN 1A-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>14218</b>	80.46	38.31%
PATRÓN 1A-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>13131</b>	74.31	35.38%
PATRÓN 1A-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>14722</b>	83.31	39.67%
		<b>Promedio</b>	79.36	86.92

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a los 7, 14 y 28 días experimental 01 chancada Quechcap.

**Tabla N° 041:** Ensayos de Compresión Exp 01 7 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 1B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>6420</b>	36.33	17.30
EXPERIMENTAL 1B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>7720</b>	43.69	20.80
EXPERIMENTAL 1B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>6950</b>	39.33	18.73
		<b>Promedio</b>	<b>39.78</b>	44.35

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 042:** Ensayos de Compresión Exp. 01 14 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 1B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>10420</b>	58.97	28.08
EXPERIMENTAL 1B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>10951</b>	61.97	29.51
EXPERIMENTAL 1B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>11754</b>	66.51	31.67
		<b>Promedio</b>	<b>62.48</b>	68.15

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 043:** Ensayos de Compresión Exp. 01 28 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 1B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>15400</b>	87.15	41.50
EXPERIMENTAL 1B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>15120</b>	85.56	40.74
EXPERIMENTAL 1B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>16120</b>	91.22	43.44
		<b>Promedio</b>	<b>87.98</b>	96.72

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a los 7, 14 y 28 días experimental 02 zarandeada Quechcap.

**Tabla N° 044:** Ensayos de Compresión Exp. 02 7 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 1B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>5420</b>	30.67	14.61
EXPERIMENTAL 1B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>6000</b>	33.95	16.17
EXPERIMENTAL 1B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>5940</b>	33.61	16.01
		<b>Promedio</b>	<b>32.75</b>	36.11

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 045:** Ensayos de Compresión Exp. 02 14 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 2B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>9125</b>	51.64	24.59
EXPERIMENTAL 2B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>10420</b>	58.97	28.08
EXPERIMENTAL 2B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>10115</b>	57.24	27.26
		<b>Promedio</b>	<b>55.95</b>	61.75

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 046:** Ensayos de Compresión Exp. 02 28 días.

Descripción	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm <sup>2</sup> )	FC/F'C(%)
EXPERIMENTAL 2B-1 (P1)	<b>176.71</b>	<b>14940</b>	84.85	40.26
EXPERIMENTAL 2B-2 (P2)	<b>176.71</b>	<b>13720</b>	77.64	37.97
EXPERIMENTAL 2B-3 (P3)	<b>176.71</b>	<b>14320</b>	81.03	36.97
		<b>Promedio</b>	<b>81.03</b>	90.09

**Fuente:** Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS – USP.

**Tabla N° 047:** Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto patrón.

EDAD	RESISTENCIA EN KG/CM2	% DEL DISEÑO
7	37.69	41.37%
14	60.79	66.80%
28	79.28	86.83%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 048:** Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto experimental 01

EDAD	RESISTENCIA EN KG/CM2	% DEL DISEÑO
7	39.78	44.35%
14	62.48	68.15%
28	87.98	96.72%

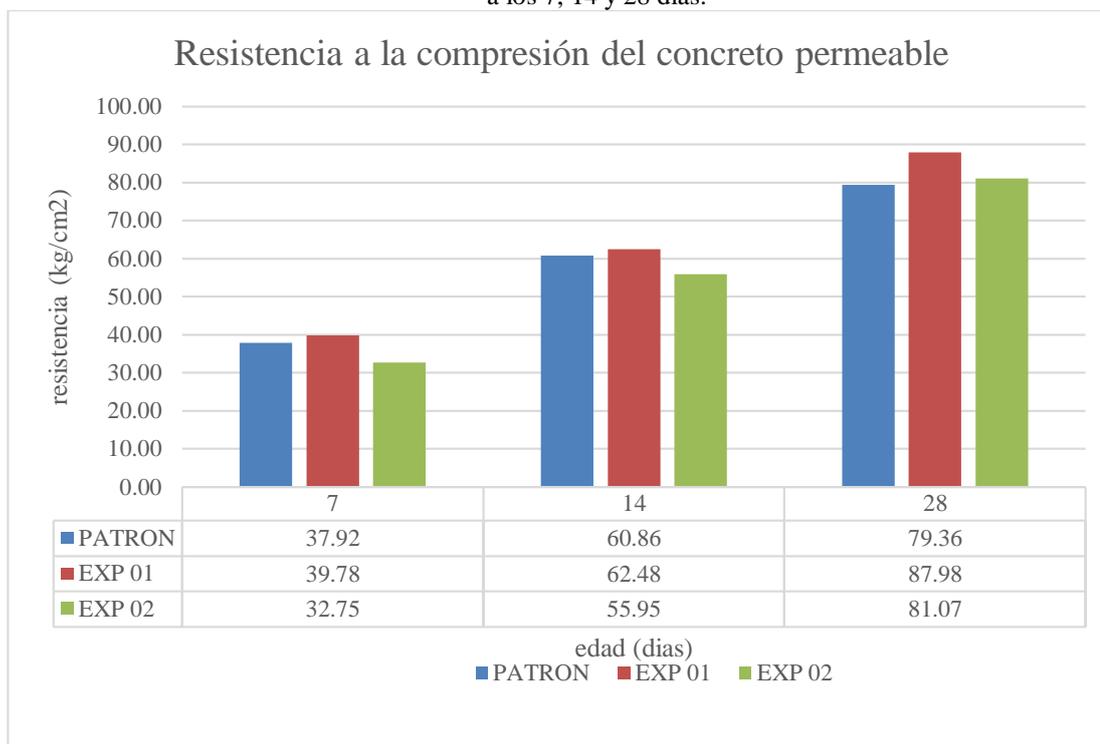
**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla N° 049:** Resultados de los ensayos a la compresión de un concreto permeable concreto experimental 02.

EDAD	RESISTENCIA EN KG/CM2	% DEL DISEÑO
7	32.75	36.11%
14	55.95	61.75%
28	81.07	90.09%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura N° 021:** Resultados de la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7, 14 y 28 días.



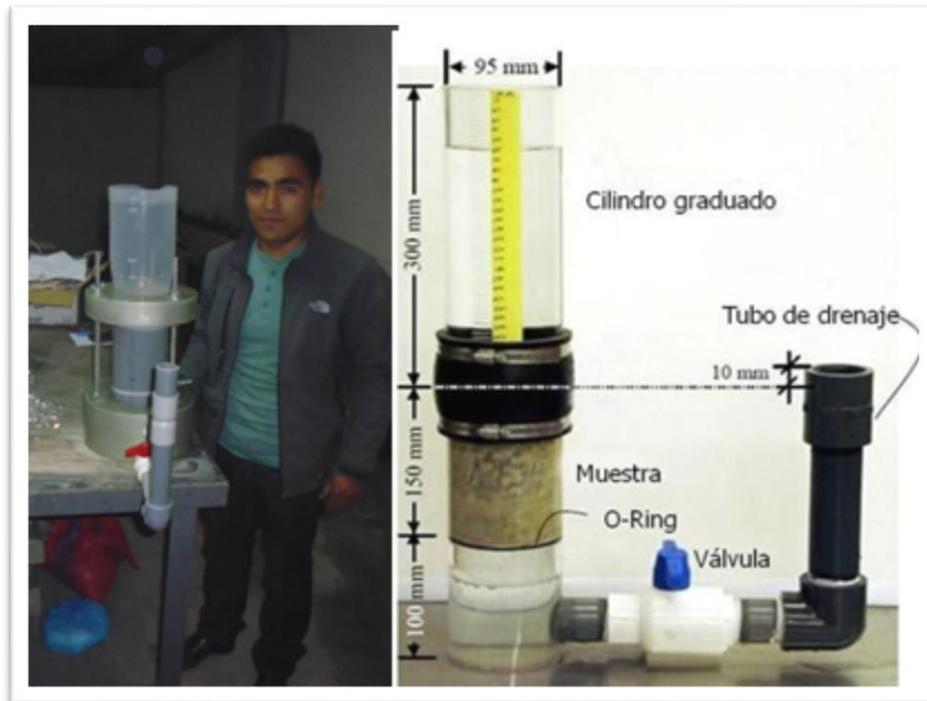
**Fuente:** Resultados de la resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7, 14 y 28 días realizado en el laboratorio de la UPS.

De las tres muestras se ha podido observar que la mayor resistencia se ha obtenido en el porcentaje de vacíos del 15%, siendo el experimental 01 piedra chancada, la cual obtiene mayor resistencia a compresión. Es de hacer notar que estos resultados es el promedio de tres especímenes por cada muestra por porcentaje de vacíos para una edad de 28 días

**Determinar la permeabilidad del concreto patrón y experimental a los 28 días:**

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. Para llevar a cabo la prueba de permeabilidad, se diseñó un permeámetro de carga variable, tomando como base el descrito en el ACI 522, como se muestra en la figura, el cual consiste en un cilindro vertical de sección de área A, donde se aloja la muestra a la que se le determinará el coeficiente de permeabilidad. El cilindro está unido a un tubo cilíndrico de diámetro constante, cuya sección es a, el cual debe estar graduado. La muestra de concreto permeable se coloca envuelta en una membrana de látex para evitar que el agua fluya

por los lados del espécimen. Se agrega agua al cilindro graduado para llenar la celda del espécimen y el tubo de drenaje. Cuando la muestra está saturada y el flujo es establecido, se toma una lectura de altura de columna de agua en el tubo transparente,  $h_1$ . Se marca la altura de inicio y se abre la válvula que conecta a la muestra al tiempo de que se inicia el conteo en el tiempo,  $t_1$ , hasta que el nivel de agua llega a la altura  $h_2$ , en el tiempo final  $t_2$  (ver figura 22).



**Figura N° 023:** Aparato para medir la permeabilidad del concreto permeable en una simple caída de cabeza permeámetro. (equipo recomendado por el ACI 522R).

**Fuente:** Elaboración propia.

Taza de percolación sobre el espécimen de concreto a los 28 días. para determinar la tasa de infiltración se seguirá los siguientes pasos:

Paso 1: primeramente, se satura la muestra al nivel adecuado luego se agrega agua a la tasa para luego ser abierta por una válvula que es controlada.

Paso 2: determinar el tiempo que tarda el agua en filtrar 30 cm de agua, Las dimensiones del cilindro de concreto permeable en análisis son las siguientes: 10 cm de ancho y 25 cm de alto.

Paso 3: determinamos el tiempo de cada espécimen en tres veces, analizamos 3 especímenes por cada muestra.

Paso 4: encontramos un promedio de tiempos de la siguiente manera. Datos obtenidos de ensayo.

**Tabla N° 050:** Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto Patrón

Descripción	muestra	Altura(cm)	Diámetro(cm)	Carga(cm)	Tiempo(s)
patrón	P1	25	10	25	37.01
	P1	25	10	25	28.91
	P1	25	10	25	35.05

**Fuente:** Elaboración propia Datos obtenidos de laboratorio.

Paso 4: determinamos el promedio de tiempos tomados por cada muestra.

Promedio de muestra 1= PE1 = Ensayo 1 + Ensayo 2 + Ensayo 3

Patron=37.01s+28.91s+35.85s/3

Patron=33.66s

Exp. 01=33.85s+36.76s+34.29s

Exp. 01=34.96s

Exp. 02=31.83s+38.10s+29.89s

Exp. 02=33.27

Calculamos la permeabilidad de la siguiente forma:

Fórmula:

$K=A/T$  \_\_\_\_\_ Ecuación para el Cálculo de la permeabilidad

Dónde:

K = Permeabilidad [mm/s]

A = 250 mm (constante)

T = Tiempo (s)

Para el concreto patrón tenemos los siguientes datos

T = tiempo promedio

T = 33.66 s

A = 250 mm (constante)

K=250mm/33.66s

$$K=7.42\text{mm/s}$$

**Tabla N° 051:** Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto experimental 01.

Descripción	muestra	Altura(cm)	Diámetro(cm)	Carga(cm)	Tiempo(s)
Exp. 01	Exp 1A	25	10	25	33.85
	Exp 1A	25	10	25	36.76
	Exp 1A	25	10	25	34.29

**Fuente:** Elaboración propia Datos obtenidos de laboratorio.

Para el concreto Exp. 1 tenemos los siguientes datos

T = tiempo promedio

$$T = 34.96 \text{ s}$$

A = 250 mm (constante)

$$K=250\text{mm}/34.96\text{s}$$

$$K=7.15\text{mm/s}$$

**Tabla N° 052:** Resultados de los ensayos a la permeabilidad de un concreto permeable concreto experimental 02.

Descripción	muestra	Altura(cm)	Diámetro(cm)	Carga(cm)	Tiempo(s)
Exp. 02	Exp 1B	25	10	25	31.83
	Exp 1B	25	10	25	38.10
	Exp 1B	25	10	25	29.89

**Fuente:** Elaboración propia Datos obtenidos de laboratorio.

Para el concreto Exp. 2 tenemos los siguientes datos

T = tiempo promedio

$$T = 33.27 \text{ s}$$

A = 250 mm (constante)

$$K=250\text{mm}/33.27\text{s}$$

$$K=7.51\text{mm/s}$$

**Tabla N° 053:** Cuadro resumen de la permeabilidad a los 28 días.

Desc.	muestra	Altura(cm)	Diámetro(cm)	Carga(cm)	Tiempo (s)	T. promedio (s)	Perm.(mm/s)
Patrón	P1	25	10	25	37.01	33.66	7.14

	P1	25	10	25	28.91			
	P1	25	10	25	35.05			
Exp. 01	Exp 1A	25	10	25	33.85	34.97	7.15	
	Exp 1A	25	10	25	36.76			
	Exp 1A	25	10	25	34.29			
Exp. 02	Exp 1B	25	10	25	31.83	33.27	7.51	
	Exp 1B	25	10	25	38.10			
	Exp 1B	25	10	25	29.89			
							promedio	7.26

**Fuente:** Elaboración propia.

De las tres muestras se ha podido observar que la mayor tasa de percolación se ha obtenido en el porcentaje de vacíos del 15%, siendo la cantera Quechcap Exp. 02 la que obtiene mayor tasa de percolación. Es de hacer notar que estos resultados es el promedio de tres especímenes por cada muestra por porcentaje de vacíos para una edad de 28 días.

### Prueba de hipótesis mediante anova:

**Cuadro N° 054:** Prueba de hipótesis mediante ANOVA del concreto permeable.

resisten cia	N	Media	Desvi ación estánd ar	Error estánd ar	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo	Varianza entre- componente
					Límite inferior	Límite superior			
7	9	36,7378	3,850 81	1,283 60	33,7778	39,6978	30.67	43.69	43,69
14	9	59,7400	4,157 55	1,385 85	56,5442	62,9358	51.64	56.61	66,51
28	9	82,7756	5,119 06	1,706 35	78,8407	86,7104	74.24	91.22	91,22
Total	27	59,7511	19,61 573	3,775 05	51,9914	67,5108	30.67	91.22	91,22
Modelo	Efectos fijos		4,409 03	,8485 2	57,9999	61,5024			
	Efectos aleatorio s			13,28 996	2,5690	116,933 2	componentes 527.7039		527,70939

**Fuente:** Elaboración propia.

- Las desviaciones estándar son diferentes, el error a efectos aleatorios ha crecido con respecto a efectos fijos.
- tiene sentido el intervalo proporcional para la media a efectos fijos.

**Cuadro N° 055:** Prueba de homogeneidad de varianza.

Resistencia			
Estadístico de			
Levene	gl1	gl2	Sig.
,419	2	24	,663

**Fuente:** Elaboración propia.

- Se puede observar el Valor medio de las medias en los grados de libertad Debidamente corregidos (bajo supuesto posible la nulidad de medias)

**Cuadro N° 056:** La prueba de Hipótesis.

ANOVA					
Resistencia					
	Suma de	gl	Media	F	Sig.
	cuadrados		cuadrática		
Entre grupos	9537,648	2	4768,824	245,315	,000
Dentro de grupos	466,550	24	19,440		
Total	10004,198	26			

**Fuente:** Elaboración Propia. La prueba de Hipótesis es bastante significativa al 95 % de confianza como se analiza en el ANOVA.

**Cuadro N° 057:** Prueba robusta de igualdad de medias.

Pruebas robustas de igualdad de medias				
Resistencia				
	Estadístico <sup>s</sup>	gl1	gl2	Sig.
Brown-Forsythe	245,315	2	22,573	,000
a. F distribuida de forma asintótica				

**Fuente:** Elaboración propia.

\_ Altamente significativa la resistencia a la compresión de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.

\_ permeabilidad optima del concreto patrón y experimental a los 28 días.

**Cuadro N° 058:** Comparaciones múltiples.

Variable dependiente: resistencia							
	(I) Edad	(J) Edad	Diferencia		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			de medias (I-J)	Error estándar		Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	7	14	-23,00222*	2,07844	,000	-28,1927	-17,8118
		28	-46,03778*	2,07844	,000	-51,2282	-40,8473
	14	7	23,00222*	2,07844	,000	17,8118	28,1927
		28	-23,03556*	2,07844	,000	-28,2260	-17,8451
	28	7	46,03778*	2,07844	,000	40,8473	51,2282
		14	23,03556*	2,07844	,000	17,8451	28,2260
Scheffe	7	14	-23,00222*	2,07844	,000	-28,4244	-17,5801
		28	-46,03778*	2,07844	,000	-51,4599	-40,6156
	14	7	23,00222*	2,07844	,000	17,5801	28,4244
		28	-23,03556*	2,07844	,000	-28,4577	-17,6134
	28	7	46,03778*	2,07844	,000	40,6156	51,4599
		14	23,03556*	2,07844	,000	17,6134	28,4577

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia.

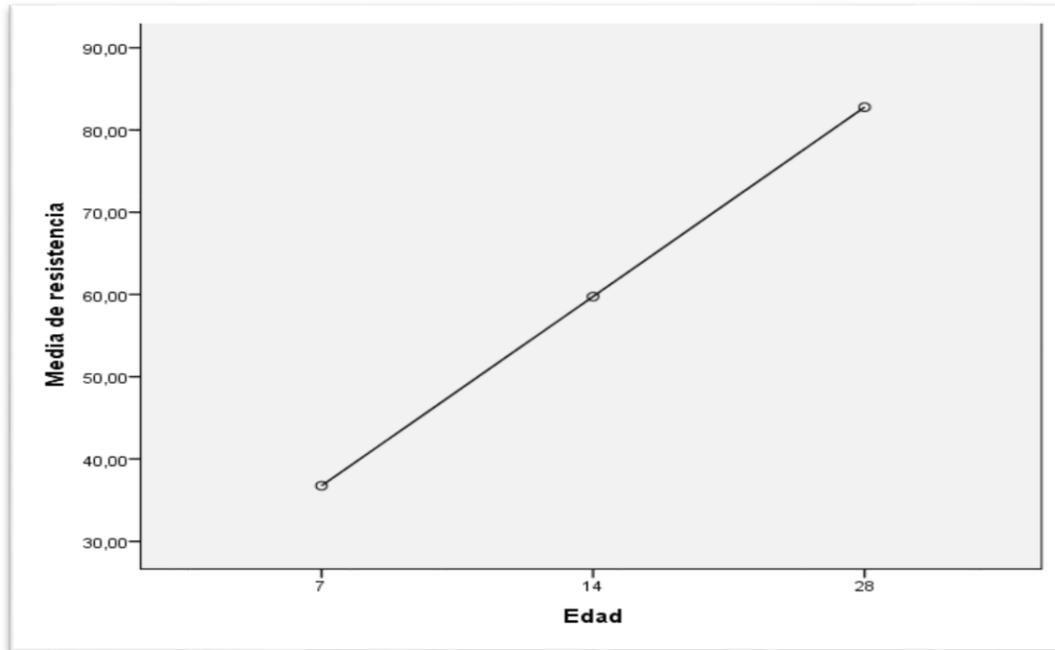
**Cuadro N° 059:** Anova de factor: contrastes: Tukey, Duncan, Scheffe.

Resistencia				
HSD Tukey <sup>a</sup>	7	9	36,7378	
	14	9		59,7400
	28	9		82,7756
	Sig.		1,000	1,000
Duncan <sup>a</sup>	7	9	36,7378	
	14	9		59,7400
	28	9		82,7756
	Sig.		1,000	1,000
Scheffe <sup>a</sup>	7	9	36,7378	
	14	9		59,7400
	28	9		82,7756
	Sig.		1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia, Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Se utilizó el tamaño muestral = 9, las comparaciones de la resistencia, la compresión y la permeabilidad de un concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap con respecto a un concreto patrón es

óptimo. mediante las Comparaciones Experimentales de: TUKEY, DUNCAN y SCHEFFE en Diseños Experimentales científicamente.



**Figura N° 024:** La media.  
**Fuente:** Elaboración propia.

A medida que hay más días de material en proceso la resistencia es mayor como se observa en el gráfico de Medias. La resistencia a la compresión de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.

- se observa la permeabilidad del concreto patrón y experimental a los 28 días. En el gráfico de Medias (comparando).
- Por lo tanto, la resistencia, la compresión y la permeabilidad de un concreto  $f^c=210\text{kg/cm}^2$ . Utilizando piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap con respecto a un concreto patrón es óptimo.
- Por lo tanto, se cumple la Hipótesis planteada en este Experimento. mediante la Prueba del ANOVA. para Diseños Experimentales.

#### 4. ANALISIS Y DISCUSIÓN:

##### Diseño de mezclas de concreto permeable norma: ACI 522R – 10:

Para el concreto patrón se obtuvo las proporciones:

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.673	17.019	kg
A. Grueso 3/4"	186.647	559.940	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.800	8.401	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
<b>TOTAL</b>	<b>195.120</b>	<b>585.360</b>	<b>kg</b>

Experimental 01:

	3 PROBETAS	6 PROBETAS	
Cemento	5.673	11.346	kg
A. Grueso 3/4"	186.441	372.882	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.762	5.525	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
<b>TOTAL</b>	<b>194.876</b>	<b>389.753</b>	<b>kg</b>

Experimental 02:

	3 PROBETAS	6 PROBETAS	
Cemento	5.673	11.346	kg
A. Grueso 3/4"	42.566	85.131	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	1.634	3.269	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
<b>TOTAL</b>	<b>49.873</b>	<b>99.746</b>	<b>kg</b>

##### Resistencia a la compresión:

En la relación con antecedentes, se tiene lo siguiente:

El Salvador, Barahona R.; Barahona, Martínez, M. & Zelaya, S. (2013) analizo comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de el salvador. De los ensayos realizados, se puede mencionar:

**Cuadro N° 060:** Resistencia a compresión del concreto patrón.

EDAD	% DEL DISEÑO
7	41.68%
14	66.89%
28	86.92%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro N° 061:** Resistencia a compresión del concreto Exp. 01.

EDAD	% DEL DISEÑO
7	44.35%
14	68.15%
28	96.72%

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro N° 062:** Resistencia a compresión del concreto Exp. 02.

EDAD	% DEL DISEÑO
7	36.11%
14	61.75%
28	90.09%

**Fuente:** Elaboración propia.

de los cuadros N° 60, 61 y 62 De las tres muestras extraídas de las canteras se ha podido observar que la mayor resistencia se ha obtenido en el porcentaje de vacíos del 15%, siendo el experimental 01 piedra chancada la cual obtiene mayor resistencia a la compresión. Es de hacer notar que estos resultados es el promedio de tres especímenes por cada ensayo por porcentaje de vacíos para una edad de 28 días.

### **Comparación:**

Analizando los datos de la Fig. N° 021, se puede notar que los resultados de resistencia a la compresión a los 28 días de edad que se obtienen, son adecuados con la malla N° 3/4", uno de los factores que contribuye a esto es que la resistencia predominante en los testigos elaborados con Granulometría artificial (3/4") es la resistencia que ofrece la pasta y puesto que el tamaño de los áridos es mayor existe una menor adherencia entre las partículas sólidas del 1er Diseño de Mezclas comparados con el 2do Diseño de Mezclas en el cual se han utilizado áridos del tamaño 3/4 (ASTM C 33), en el cual existen menor contenido de vacíos y de poros,

sin embargo presenta mayor adherencia entre sus partículas obteniéndose así mejores propiedades mecánicas (Resistencia a la Compresión).

En cuanto a los resultados de las pruebas de Resistencia a la Compresión a los 28 días de edad, obtenidas para las probetas en las que fueron sometido al esfuerzo de cargas respecto al peso del diseño, se muestran en las Figuras N° 21, mostrando que la evolución de la resistencia se da de la siguiente manera:

**Interpretación:** para la elaboración de las probetas y el diseño de mezcla no se usó ningún aditivo y conglomerante para elevar la elaborado con los áridos provenientes de la cantera Quechcap (TMN 3/4), incrementa la Resistencia a la compresión promedio (a los 28 días) del mismo diseño sin adición.

**La permeabilidad:** Se muestra la obtención y el análisis de los resultados de coeficiente de permeabilidad, y su comparación en función al tipo de granulometría empleada, porcentaje de vacíos y el tipo de agregado grueso como es la piedra chancada y la piedra zarandeada: malla N° 3/4 (Sin el uso de ningún aditivo, adición y sustitución de conglomerante).

El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable normalmente se encuentra en un promedio de 7.26 mm/s. Los resultados obtenidos para todos los grupos de prueba se encuentran dentro del rango anteriormente descrito, por lo cual, se puede afirmar que todas las muestras de concreto permeable ensayadas cumplen con los requerimientos de permeabilidad.

El coeficiente de permeabilidad promedio hallado de las probetas de concreto permeable elaboradas con agregado natural proveniente de la Cantera Quechcap – malla N° 3/4” (Tabla N° 53), presenta un mejor comportamiento en comparación con el coeficiente de permeabilidad obtenido de los testigos elaborados con respecto al concreto experimental.

**Interpretación:** El coeficiente de permeabilidad promedio obtenido para el concreto elaborado con agregado con tamaño máximo nominal de 3/4 concreto patrón es 7.14 mm/s, con una variación de 0.01 mm/s respecto al experimental 01 y 0.37 mm/s respecto al experimental 02. En la Tabla 53 se observa la diferencia de los valores la tasa de infiltración, el coeficiente de permeabilidad hallado para testigos elaborados con la gradación natural de la cantera Quechcap (malla N° 3/4).

## **5.-CONCLUSIONES:**

- 1.- La caracterización del agregado grueso (muestra patrón) extraídas de la cantera Quechcap, de los ensayos realizados se tiene: TMN de  $\frac{3}{4}$ , módulo de fineza 7.39 y humedad de 0.24%
- 2.- la caracterización del agregado grueso zarandeado y triturada de la cantera Quechcap (muestra experimental) se tiene: para el Experimental 01 se obtuvo TMN de  $\frac{3}{4}$ , módulo de fineza de 7.39 y humedad de 0.2%. para el experimental 02 se tiene: TMN de  $\frac{3}{4}$ , módulo de fineza 7.22 y humedad de 0.84%.
- 3.- para la determinación de la relación agua cemento de la muestra patrón y experimental es de 0.30 según norma sin incorporación de agregado fino para un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 4.- la resistencia a la compresión del concreto patrón y experimental a los 28 días, se obtuvo mayor resistencia para el concreto experimental 01 con respecto al experimental 02 y concreto patrón, por lo tanto se puede decir que si llega a una resistencia optima con respecto al concreto patrón y experimental 02, Según la Norma ACI 522R el rango resistencia a compresión del concreto permeable es de 28.55 kg/cm<sup>2</sup> a 285.51 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto se puede decir que nuestro concreto comprende en tal rango de resistencia.
- 5.- en los ensayos realizados para la determinación de la tasa percolación del concreto patrón y experimentales se llega que: El coeficiente de permeabilidad promedio obtenido para el concreto elaborado con agregado con tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$  se tiene: Concreto patrón de 7.14 mm/s, Experimental 01 de 7.15 mm/s y Experimental 02 de 7.51 mm/s
- 6.- En los ensayos realizados se observa la diferencia de los valores la tasa de infiltración, el coeficiente de permeabilidad hallado para testigos elaborados con la gradación natural de la cantera Quechcap, para una edad de los 28 días. En la que se concluye que el experimental 02 se obtuvo mayor tasa de percolación.

## **6. RECOMENDACIONES:**

Se recomienda que para un futuro si se desea usar grava de 3/4" de la cantera Quechcap Huaraz es necesaria pasarla por un proceso de limpieza y tamizado, debido a su alto contenido de material orgánico, tierra y contenido de partículas finas.

Se recomienda para futuras investigaciones indagar con diferentes resistencias y contenidos de vacíos.

Se recomienda para darle continuidad al tema investigar el comportamiento del concreto permeable al usar aditivos y adicionando un porcentaje de finos como fluidificantes y verificar como varían sus características ante estos y otros factores que afectan positivamente al aumento de resistencia del concreto.

Para futuras investigaciones indagar las propiedades del concreto permeable con otros tamaños de grava como de 3/8" y de 1/2".

Se recomienda continuar el estudio del concreto permeable al incrementar 15% o menos de agregado fino y verifica el comportamiento del concreto con la condición adicional.

Se recomienda realizar los ensayos de resistencia a la compresión de los concretos utilizados en las construcciones informales, estos ensayos deben ser realizados en laboratorios de prestigio y certificados para así poder obtener resultados confiables.

Se recomienda adquirir agregados de buena calidad para la elaboración del concreto ya que estos agregados son más del 60% de la masa del concreto, esto quiere decir que su calidad del concreto depende de la calidad de los componentes. Asimismo, debemos exigir de qué cantera traen los materiales y sus características físicas y químicas.

## **7. AGRADECIMINETO:**

A Dios porque estuvo siempre iluminándome, guiándome y protegerme en todo el momento importante de mi vida y por darme la fuerza necesaria en aquellos momentos difíciles que me tocó vivir, Gracias porque hiciste realidad este sueño anhelado

Agradecer infinitamente a mi Alma Mater a la Universidad San Pedro – Huaraz por la gran oportunidad de brindar educación a la juventud con deseos de superación. Por darme la oportunidad de alcanzar esta meta, gracias a los profesores e investigadores quienes durante 5 años se esmeraron por dar lo mejor para mi formación profesional por los conocimientos teóricos y las experiencias vividas.

A mi Asesor de tesis, Ing. Dante Salazar Sánchez por su esfuerzo y dedicación, quien, con sus conocimientos, experiencia, visión crítica, consejos, paciencia y motivación ha logrado que termine con éxito el presente proyecto. La necesidad que surge tanto en la ingeniería como ciencias a fines, a incorporar o divulgar los conocimientos indispensables para el desarrollo de la investigación académica y de la vida social.

A mis padres. He llegado a esta etapa gracias a ustedes, porque a pesar de las dificultades y carencias han realizado el máximo esfuerzo para dar lo mejor, agradezco y reconozco su infinito esfuerzo por educarme y formarme. Esta tesis se las dedico con mucho cariño como un símbolo de gratitud.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de nuestras vidas. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

## 8. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA:

1. AASHTO - 93. (1986). Diseño de pavimento rígido.
  2. AASHTO. (1993). MÉTODO AASHTO 93 PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS.
  3. Abanto, F. (2009) Tecnología del Concreto. 2º Edición. Perú: San Marcos, Perú.
  4. ACI 522 R. concreto permeable. (2006).
  5. ACI 214 “evaluación del resultado de la resistencia del concreto” (2004).
  6. ASTM 1701. método estándar para medir la tasa de percolación en un pavimento de concreto permeable. (2009).
  7. Barahona R.; Barahona, Martínez, M. & Zelaya, S. (2013). Comportamiento del concreto permeable utilizando agregado grueso de las canteras, el Carmen, Aramuaca y la pedrera, de la zona oriental de el salvador. Salvador.
  8. Concreto permeable: desarrollo urbano de bajo impacto recuperados de: <http://blog.360gradosenconcreto.com/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto-2/>.
  9. Concreto permeable Argos recuperado de: <http://www.archdaily.co/catalog/co/products/8344/concreto-permeable-argos>
  10. Enrique Rivva López, 1992. “Diseño de mezclas”- Editorial Hozlo S.C.R.L.
  11. Hormigón El concreto en la práctica recuperado de: <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP38es.pdf>.
  12. Pérez. D. (2009). Estudio experimental de concretos permeables con agregados andesíticos. México.
  13. Powers, S. (1992). “Concreto: Trabajabilidad”. Recuperado de: <http://notasdeconcretos.blogspot.pe/2011/04/concreto-trabajabilidad.html>.
  14. Rodas, N. (2012). “desarrollo y uso de bloques de concreto permeable en senderos ecológicos. Guatemala.
  15. Yalil (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Cali
- Torres, L. (2010). Tecnología del concreto permeable o ecológico en la construcción. México.

# **ANEXO N° 01**

## **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

Matriz de consistencia:

problema	hipótesis	Objetivos	Variables
¿CUAL ES LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO F <sup>c</sup> =210kg/cm2 PERMEABLE UTILIZANDO PIEDRA ZARANDEADA Y CHANCADA DE LA CANTERA QUECHCAP, HUARAZ?	Con la utilización de la piedra zarandeada y chancada de la cantera Quechcap de un concreto f <sup>c</sup> =210 kg/cm2 permeable se podrá incrementar la Resistencia a la compresión respecto de un concreto patrón.	✓ Caracterización del agregado grueso natural de la cantera Quechcap (muestra patrón).	V. D. Resistencia a la compresión  V.D. permeabilidad . V.I. Piedra zarandeada y piedra chancada.
		✓ Caracterización del agregado grueso Zarandeado y triturado de la cantera Quechcap (muestra experimental).	
		✓ Determinar la relación a/c del concreto f <sup>c</sup> =210kg/cm2 de la muestra patrón y experimental.	
		✓ Determinar la resistencia a la compresión de concreto patrón y experimental a los 7, 14 y 28 días.	
		✓ Determinar la permeabilidad del concreto patrón y experimental a los 28 días.	
		✓ Compara e interpretar los resultados y validez estadística.	

**Fuente:** Elaboración propia.

## **ANEXO N° 02**

### **DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PERMEABLE**



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

UNIVERSIDAD PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: " RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO PIEDRA ZARANDEADA Y CHANCADA DE LA CANTERA QUECHCAP, HUARAZ - 2017"

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE NORMA : ACI 522R - 10

### 1.- Características Físicas del Cemento - Agregado - aditivo

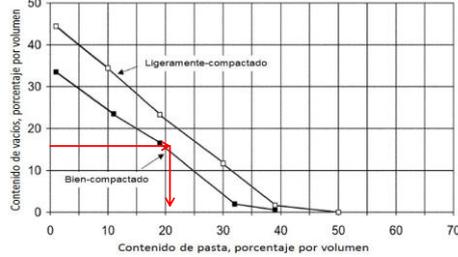
MATERIALES	CANTERA Procedencia	Peso Especifico	% Absorción	Modulo Fineza	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	% Humedad
Cemento Tipo AI	Sol S. A.	3150					
Agua	Laboratorio	1000					
Ag. Fino	Parihuanca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag. Grueso 3/4" Huso 67	Parihuanca	17442.23	0.83	7.39	1444	1449	0.24
Viscocrete 1110	Sika	0					

### 2.- Características del Diseño de Mezcla

#### DISEÑO PCP1-S

Relacion a/c	0.30
Contenido de Vacios	15%
Ag. Fino	0% de Finos
Aditivo	0.00%

### 3.- Determinación del Volumen de Pasta (Según ACI211R-10)



$$V_p = 0.21$$

$$V_p = 0.21$$

$$C. Vacios = 0.15$$

$$V_v = 0.36$$

### 4.- Volumen de A. Grueso (Vag)

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 1 - (V_p + C_v)$$

$$\text{Vol. A. Grueso (Vag)} = 0.64$$

$$0.64 (=) \frac{\text{A. Grueso}}{\text{P. esp A. Grueso}}$$

$$\text{A. Grueso} = 11163.027 \text{ kg}$$

### 5.- Cantidad de Cemento (C)

$$V_p = \frac{C}{3.15 \times 1000} + \left(\frac{a}{c}\right) \times \frac{C}{1000}$$

$$\text{Cemento} = 340.103 \text{ kg}$$

### 6.- Determinación del Volumen del Cemento (Vc)

$$V_c = \frac{C}{P. esp cemento}$$

$$V_c = 0.108 \text{ m}^3$$

### 7.- Determinación del Contenido de Agua (a)

$$a = C \times (a/c)$$

$$\text{Agua} = 102.031 \text{ kg}$$

### 8.- Determinación del Volumen de Agua (Va)

$$V_a = \frac{a}{P. esp Agua}$$

$$V_a = 0.102 \text{ m}^3$$

### 9.- Volumen Total de Sólidos (Vs)

$$V_s = V_{ag} + V_c + V_a$$

$$V_s = 0.850 \text{ m}^3$$

\* Considerando el 0% de A.Fino, el A. grueso sera el 100%

$$\text{Vag. Grueso} = \text{Va.g} * 100\%$$

$$\text{Vag. Fino} = \text{Va.g} * 0.05\%$$

$$\text{Vag. Grueso} = 0.64$$

$$\text{Vag. Fino} = 0$$

$$\text{A. Grueso} = 11163.0272 \text{ kg}$$

$$\text{A. Fino} = 0 \text{ kg}$$

\* Para confirmar el Porcentaje de Vacios

$$\text{Cont. Vacios} = (1 - V_s) \times 100$$

$$\text{Contenido de Vacios} = 15 \%$$

### 10.- Dosificación del Concreto Permeable (kg/m3)

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	11163.027	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	102.031	kg/m3
Aditivo - SIKA	0.000	kg/m3

Dosis de Aditivo  
(SIKA- Viscocrete 1110 PE)  
0.0% del peso de Cemento

### 11.- Corrección por Humedad, Absorción y Aporte

$$\text{Aporte del A.Grueso} = \text{A.Grueso} * ((C.H. - \text{Absor.})/100)$$

$$\text{Aporte de A. Grueso} = -65.86$$

$$\text{Aporte del A. Fino} = \text{A.Fino} * ((C.H. - \text{Absor.})/100)$$

$$\text{Aport. A. Fino} = 0.00$$

$$\Sigma \text{Aportes} = -65.86$$

$$\text{Agua Efectiva} = \text{Peso del agua} - \Sigma \text{aportes}$$

$$\text{Agua Efectiva} = 167.893 \text{ kg/m}^3$$

### 12.- Valores de Diseño Corregidos Por Humedad

$$\text{A. Grueso Humedo} = \text{Peso A. Grueso} * (1 + (C.H./100))$$

$$\text{A. Grueso Húmedo} = 11189.818 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. Grueso Humedo} = \text{Peso A. Fino} * (1 + (C.H./100))$$

$$\text{A. Fino Húmedo} = 0.000 \text{ kg/m}^3$$

Entonces:

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	11189.818	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	167.893	kg/m3
Aditivo - SIKA	0.000	kg/m3

### 13.- Proporciones del Diseño de Mezcla en Peso (kg)

Cemento	1.000	kg
A. Grueso 3/4"	32.901	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.494	kg
Aditivo - SIKA	0.000	kg

$$\text{Volumen del Molde} = \pi * r^2 * h$$

$$r = 3.00 \text{ pul}$$

$$h = 12.00 \text{ pul}$$

$$V_m = 0.0055600 \text{ m}^3$$

### 14.- Proporción de Cantidad de Materiales para 1 Probeta

Cemento	1.891	kg
A. Grueso 3/4"	62.216	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.933	kg
Aditivo - SIKA	0.000	kg
TOTAL	65.040	kg

### 15.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 9 Probetas

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.673	17.019	kg
A. Grueso 3/4"	186.647	559.940	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.800	8.401	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	195.120	585.360	kg

### 16.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 6 Probetas + 5% de desperdicio

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.957	17.870	kg
A. Grueso 3/4"	195.979	587.937	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.940	8.821	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	204.876	614.628	kg



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

UNIVERSIDAD PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: " RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO PIEDRA ZARANDEADA Y CHANCADA DE LA CANTERA QUECHCAP, HUARAZ - 2017"

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE NORMA : ACI 522R - 10

### 1.- Características Físicas del Cemento - Agregado - aditivo

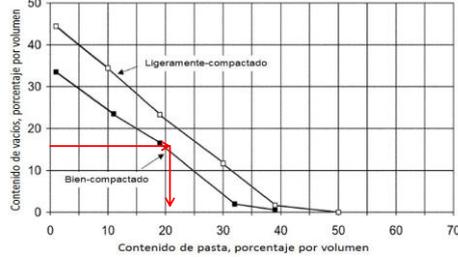
MATERIALES	CANTERA Procedencia	Peso Especifico	% Absorción	Modulo Fineza	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	% Humedad
Cemento Tipo AI	Sol S. A.	3150					
Agua	Laboratorio	1000					
Ag. Fino	Parihuanca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag. Grueso 3/4" Huso 67	Parihuanca	17429.97	0.77	7.39	1497	1534	0.2
Viscocrete 1110	Sika	0					

### 2.- Características del Diseño de Mezcla

#### DISEÑO PCP1-S

Relacion a/c	0.30
Contenido de Vacios	15%
Ag. Fino	0% de Finos
Aditivo	0.00%

### 3.- Determinación del Volumen de Pasta (Según ACI211R-10)



$$V_p = 0.21$$

$$V_p = 0.21$$

$$C. Vacios = 0.15$$

$$V_v = 0.36$$

### 4.- Volumen de A. Grueso (Vag)

$$Vol. A. Grueso (Vag) = 1 - (V_p + C_v)$$

$$Vol. A. Grueso (Vag) = 0.64$$

$$0.64 (=) \frac{A. Grueso}{P. esp. A. Grueso}$$

$$A. Grueso = 11155.181 \text{ kg}$$

### 5.- Cantidad de Cemento (C)

$$V_p = \frac{C}{3.15 \times 1000} + \left(\frac{a}{c}\right) \times \frac{C}{1000}$$

$$Cemento = 340.103 \text{ kg}$$

### 6.- Determinación del Volumen del Cemento (Vc)

$$V_c = \frac{C}{P. esp. cemento}$$

$$V_c = 0.108 \text{ m}^3$$

### 7.- Determinación del Contenido de Agua (a)

$$a = C \times (a/c)$$

$$Agua = 102.031 \text{ kg}$$

### 8.- Determinación del Volumen de Agua (Va)

$$V_a = \frac{a}{P. esp. Agua}$$

$$V_a = 0.102 \text{ m}^3$$

### 9.- Volumen Total de Sólidos (Vs)

$$V_s = V_{ag} + V_c + V_a$$

$$V_s = 0.850 \text{ m}^3$$

\* Considerando el 0% de A.Fino, el A. grueso sera el 100%

$$V_{ag. Grueso} = V_{ag} * 100\%$$

$$V_{ag. Fino} = V_{ag} * 0.05\%$$

$$V_{ag. Grueso} = 0.64$$

$$V_{ag. Fino} = 0$$

$$A. Grueso = 11155.1808 \text{ kg}$$

$$A. Fino = 0 \text{ kg}$$

\* Para confirmar el Porcentaje de Vacios

$$Cont. Vacios = (1 - V_s) \times 100$$

$$Contenido de Vacios = 15 \%$$

### 10.- Dosificación del Concreto Permeable (kg/m3)

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	11155.181	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	102.031	kg/m3
Aditivo - SIKA	0.000	kg/m3

Dosis de Aditivo (SIKA- Viscocrete 1110 PE) 0.0% del peso de Cemento

### 11.- Corrección por Humedad, Absorción y Aporte

$$Aporte \text{ del A. Grueso} = A. Grueso * ((C.H. - Absor.) / 100)$$

$$Aporte \text{ de A. Grueso} = -63.58$$

$$Aporte \text{ del A. Fino} = A. Fino * ((C.H. - Absor.) / 100)$$

$$Aporte \text{ A. Fino} = 0.00$$

$$\Sigma \text{ Aportes} = -63.58$$

$$Agua \text{ Efectiva} = \text{Peso del agua} - \Sigma \text{ aportes}$$

$$Agua \text{ Efectiva} = 165.615 \text{ kg/m}^3$$

### 12.- Valores de Diseño Corregidos Por Humedad

$$A. Grueso \text{ Humedo} = \text{Peso A. Grueso} * (1 + (C.H. / 100))$$

$$A. Grueso \text{ Húmedo} = 11177.491 \text{ kg/m}^3$$

$$A. Grueso \text{ Humedo} = \text{Peso A. Fino} * (1 + (C.H. / 100))$$

$$A. Fino \text{ Húmedo} = 0.000 \text{ kg/m}^3$$

Entonces:

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	11177.491	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	165.615	kg/m3
Aditivo - SIKA	0.000	kg/m3

### 13.- Proporciones del Diseño de Mezcla en Peso (kg)

Cemento	1.000	kg
A. Grueso 3/4"	32.865	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.487	kg
Aditivo - SIKA	0.000	kg

$$Volúmen \text{ del Molde} = \pi * r^2 * h$$

$$r = 3.00 \text{ pul}$$

$$h = 12.00 \text{ pul}$$

$$V_m = 0.0055600 \text{ m}^3$$

### 14.- Proporción de Cantidad de Materiales para 1 Probeta

Cemento	1.891	kg
A. Grueso 3/4"	62.147	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.921	kg
Aditivo - SIKA	0.000	kg
TOTAL	64.959	kg

### 15.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 9 Probetas

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.673	17.019	kg
A. Grueso 3/4"	186.441	559.323	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.762	8.287	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	194.876	584.629	kg

### 16.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 9 Probetas + 5% de desperdicio

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.957	17.870	kg
A. Grueso 3/4"	195.763	587.289	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	2.901	8.702	kg
Aditivo - SIKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	204.620	613.861	kg



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

UNIVERSIDAD PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: " RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO PIEDRA ZARANDEADA Y CHANCADA DE LA CANTERA QUECHCAP, HUARAZ - 2017"

## DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO PERMEABLE NORMA : ACI 522R - 10

### 1.- Características Físicas del Cemento - Agregado - aditivo

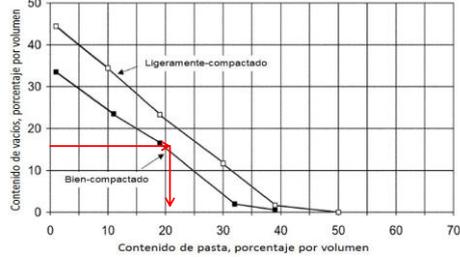
MATERIALES	CANTERA Procedencia	Peso Especifico	% Absorción	Modulo Fineza	Peso Unitario Suelto	Peso Unitario Compactado	% Humedad
Cemento Tipo AI	Sol S. A.	3150					
Agua	Laboratorio	1000					
Ag. Fino	Parihuanca	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ag. Grueso 3/4" Huso 67	Parihuanca	3954.11	0.68	7.22	1675	1707	0.84
Viscocrete 1110	Sika	0					

### 2.- Características del Diseño de Mezcla

#### DISEÑO PCP1-S

Relacion a/c	0.30
Contenido de Vacios	15%
Ag. Fino	0% de Finos
Aditivo	0.00%

### 3.- Determinación del Volumen de Pasta (Según ACI211R-10)



$$V_p = 0.21$$

$$V_p = 0.21$$

$$C. Vacios = 0.15$$

$$V_v = 0.36$$

### 4.- Volumen de A. Grueso (Vag)

$$Vol. A. Grueso (Vag) = 1 - (V_p + C_v)$$

$$Vol. A. Grueso (Vag) = 0.64$$

$$0.64 (=) \frac{A. Grueso}{P. esp. A. Grueso}$$

$$A. Grueso = 2530.630 \text{ kg}$$

### 5.- Cantidad de Cemento (C)

$$V_p = \frac{C}{3.15 \times 1000} + \left(\frac{a}{c}\right) \times C$$

$$Cemento = 340.103 \text{ kg}$$

### 6.- Determinación del Volumen del Cemento (Vc)

$$V_c = \frac{C}{P. esp. cemento}$$

$$V_c = 0.108 \text{ m}^3$$

### 7.- Determinación del Contenido de Agua (a)

$$a = C \times (a/c)$$

$$Agua = 102.031 \text{ kg}$$

### 8.- Determinación del Volumen de Agua (Va)

$$V_a = \frac{a}{P. esp. Agua}$$

$$V_a = 0.102 \text{ m}^3$$

### 9.- Volumen Total de Sólidos (Vs)

$$V_s = V_{ag} + V_c + V_a$$

$$V_s = 0.850 \text{ m}^3$$

\* Considerando el 0% de A.Fino, el A. grueso sera el 100%

$$V_{ag. Grueso} = V_{ag} * 100\%$$

$$V_{ag. Fino} = V_{ag} * 0.05\%$$

$$V_{ag. Grueso} = 0.64$$

$$V_{ag. Fino} = 0$$

$$A. Grueso = 2530.6304 \text{ kg}$$

$$A. Fino = 0 \text{ kg}$$

\* Para confirmar el Porcentaje de Vacios

$$Cont. Vacios = (1 - V_s) \times 100$$

$$Contenido de Vacios = 15 \%$$

### 10.- Dosificación del Concreto Permeable (kg/m3)

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	2530.630	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	102.031	kg/m3
Aditivo - SIKKA	0.000	kg/m3

Dosis de Aditivo (SIKA- Viscocrete 1110 PE) 0.0% del peso de Cemento

### 11.- Corrección por Humedad, Absorción y Aporte

$$Aporte \text{ del A. Grueso} = A. Grueso * ((C.H. - Absor.) / 100)$$

$$Aporte \text{ de A. Grueso} = 4.05$$

$$Aporte \text{ del A. Fino} = A. Fino * ((C.H. - Absor.) / 100)$$

$$Aport. A. Fino = 0.00$$

$$\Sigma \text{ Aportes} = 4.05$$

$$Agua \text{ Efectiva} = \text{Peso del agua} - \Sigma \text{ aportes}$$

$$Agua \text{ Efectiva} = 97.982 \text{ kg/m}^3$$

### 12.- Valores de Diseño Corregidos Por Humedad

$$A. Grueso \text{ Humedo} = \text{Peso A. Grueso} * (1 + (C.H. / 100))$$

$$A. Grueso \text{ Húmedo} = 2551.888 \text{ kg/m}^3$$

$$A. Grueso \text{ Humedo} = \text{Peso A. Fino} * (1 + (C.H. / 100))$$

$$A. Fino \text{ Húmedo} = 0.000 \text{ kg/m}^3$$

Entonces:

Cemento	340.103	kg/m3
A. Grueso 3/4"	2551.888	kg/m3
A. Fino	0.000	kg/m3
Agua	97.982	kg/m3
Aditivo - SIKKA	0.000	kg/m3

### 13.- Proporciones del Diseño de Mezcla en Peso (kg)

Cemento	1.000	kg
A. Grueso 3/4"	7.503	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.288	kg
Aditivo - SIKKA	0.000	kg

$$\text{Volumen del Molde} = \pi * r^2 * h$$

r =	3.00	pul
h =	12.00	pul

$$V_m = 0.0055600 \text{ m}^3$$

### 14.- Proporción de Cantidad de Materiales para 1 Probeta

Cemento	1.891	kg
A. Grueso 3/4"	14.189	kg
A. Fino	0.000	kg
Agua	0.545	kg
Aditivo - SIKKA	0.000	kg
TOTAL	16.624	kg

### 15.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 9 Probetas

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.673	17.019	kg
A. Grueso 3/4"	42.566	127.697	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	1.634	4.903	kg
Aditivo - SIKKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	49.873	149.619	kg

### 16.- Proporción de Cantidad de Materiales para 3 y 9 Probetas + 5% de desperdicio

	3 PROBETAS	9 PROBETAS	
Cemento	5.957	17.870	kg
A. Grueso 3/4"	44.694	134.082	kg
A. Fino	0.000	0.000	kg
Agua	1.716	5.148	kg
Aditivo - SIKKA	0.000	0.000	kg
TOTAL	52.366	157.099	kg

# **ANEXO N° 03**

## **ANALISIS FISICOS DE LOS AGREGADOS**

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"					
SOLICITA : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy					
DISTRITO : HUARAZ			HECHO EN : USP -HUARAZ		
PROVINCIA : HUARAZ			FECHA 25/04/2019		
PROG (KM.) :			ASESOR		
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA : AGREGADO GRUESO NATURAL					
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO NATURAL QUECHCAP					
Nº TARRO		1	2		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1217,7	1330,3		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1214,7	1328,0		
PESO DE AGUA	(g)	3,01	2,35		
PESO DEL TARRO	(g)	164,10	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1050,61	1164,2		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,29	0,20		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)	0,24			



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PIURA - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ESPESORES NATURALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116344  
JEFE

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS :		" Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"			
SOLICITA :		BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy			
DISTRITO :		HUARAZ		HECHO EN : USP -HUARAZ	
PROVINCIA :		HUARAZ		FECHA 02/08/2018	
PROG (KM.) :				ASESOR	
DATOS DE LA MUESTRA					
CALICATA :					
MUESTRA :		AGREGADO GRUESO			
PROF. (m) :					
AGREGADO GRUESO ZARANDEADO QUECHCAP					
Nº TARRO		11	8		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1218,2	1330,5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1215,5	1328,8		
PESO DE AGUA	(g)	2,70	1,71		
PESO DEL TARRO	(g)	164,10	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1051,35	1185,0		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,26	0,15		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0,20	
AGREGADO GRUESO CHANCADA QUECHCAP					
Nº TARRO		4	14		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	939,5	828,5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	937,8	819,0		
PESO DE AGUA	(g)	1,75	9,52		
PESO DEL TARRO	(g)	161,90	167,7		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	775,85	651,3		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	0,23	1,5		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			0,84	
AGREGADO GRUESO ZARANDEADO PARIHUANCA					
Nº TARRO		17	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1207,5	1330,5		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1187,0	1313,5		
PESO DE AGUA	(g)	20,50	17,00		
PESO DEL TARRO	(g)	164,10	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1022,90	1149,7		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	2,00	1,48		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			1,7	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS- USP  
ENSAYOS DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

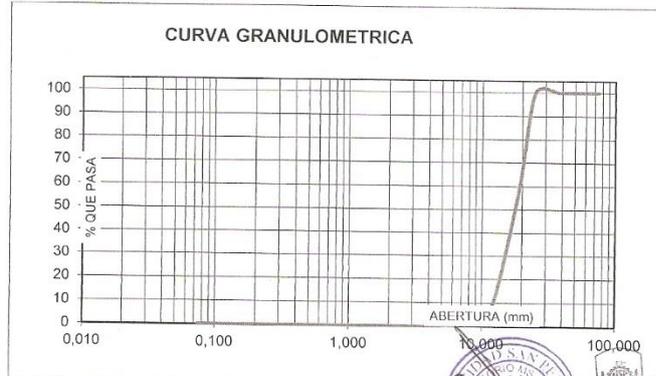
**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

SOLICITA : **BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy**  
 TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 25/04/2019 CANTERA : QUECHCAP MATERIAL : **AGREGADO GRUESO NATURAL**

PESO SECO INICIAL	17442,23
PESO SECO LAVADO	17442,23
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	7232,85	41,47	41,47	58,53
1/2"	12,500	8219,93	47,13	88,59	11,41
3/8"	9,500	1525,00	8,74	97,34	2,66
N° 4	4,750	435,02	2,49	99,83	0,17
N° 8	2,360	29,43	0,17	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		17442,23	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 MODULO DE FINEZA : 7,39  
 HUMEDAD : 0,24%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

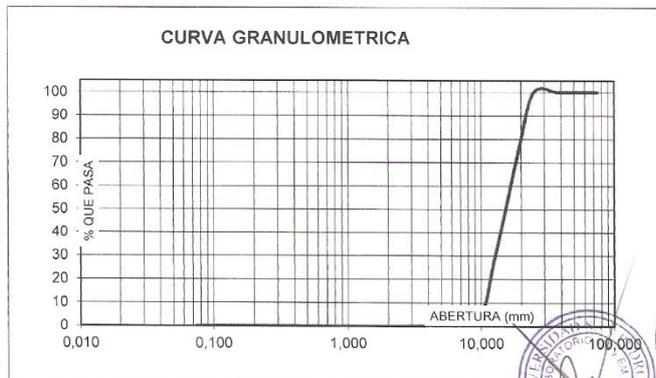
**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

SOLICITA : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
 TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 02/08/2018 CANTERA : QUECHCAP MATERIAL : AGREGADO GRUESO CHANCADO

PESO SECO INICIAL	3954,11
PESO SECO LAVADO	3954,11
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	1015,50	25,68	25,68	74,32
1/2"	12,500	1840,45	46,55	72,23	27,77
3/8"	9,500	968,50	24,49	96,72	3,28
N° 4	4,750	102,50	2,59	99,31	0,69
N° 8	2,360	27,16	0,69	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		3954,11	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 MODULO DE FINEZA : 7,22  
 HUMEDAD : 0,84%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 GEOTECNIA DE MATERIALES

*Ing. Elizabeth Maza Ambrosio*  
 CIP: 116544  
 JEFE

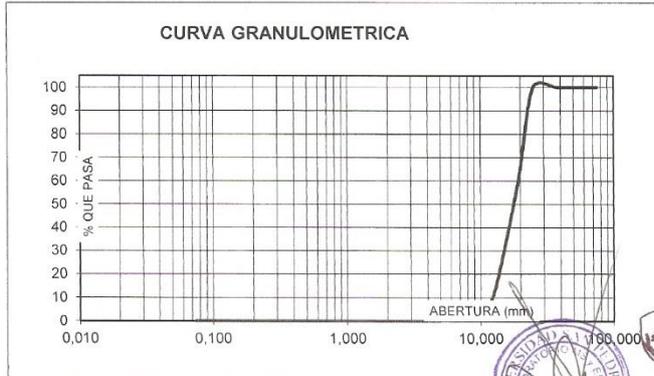
**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

SOLICITA : **BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy**  
 TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap. Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 02/08/2018 CANTERA : QUECHCAP MATERIAL : AGREGADO GRUESO ZARANDEADO

PESO SECO INICIAL	17429,97
PESO SECO LAVADO	17429,97
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	7233,70	41,50	41,50	58,50
1/2"	12,500	8220,50	47,16	88,66	11,34
3/8"	9,500	1527,00	8,76	97,43	2,57
N° 4	4,750	417,50	2,40	99,82	0,18
N° 8	2,360	31,27	0,18	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		17429,97	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"  
 MODULO DE FINEZA : 7,39  
 HUMEDAD : 0,20%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
 TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : QUECHCAP  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO NATURAL  
 FECHA : 25/04/2019

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - ( A - D ) : Volumen de masa

ABSORCION (%) :  $((A-D)/D) \times 100$   
 ABS. PROM. (%) :

1016,1	1096,7	968,4
626,9	670,3	610,1
389,2	426,4	358,3
1003,2	1090,7	962,1
376,3	420,4	352,1
1,28	0,55	0,65
0,83		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

**PROMEDIO**

2,58	2,56	2,69
2,61	2,57	2,70
2,67	2,59	2,73

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,61
2,63
2,66



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 PILIAT - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ESPESORES DE PAVIMENTOS  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

**SOLICITA** : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
**TESIS** : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
**LUGAR** : HUARAZ  
**CANTERA** : QUECHCAP  
**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO CHANCADO  
**FECHA** : 02/08/2018

A	: Peso de material saturado superficialmente seco (aire)	1047,0	1045,5	780,0
B	: Peso de material saturado superficialmente seco (agua)	754,4	684,4	496,9
C = A - B	: Volumen de masa + volumen de vacios	292,6	361,1	283,1
D	: Peso de material seco en el horno	1040,0	1038,0	775,0
E = C - (A - D)	: Volumen de masa	285,6	353,6	278,1
<b>ABSORCION (%)</b>	: $((A-D)/D) \times 100$	0,67	0,72	0,65
<b>ABS. PROM. (%)</b>		0,68		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

**PROMEDIO**

3,55	2,87	2,74
3,58	2,90	2,76
3,64	2,94	2,79

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
P.e. Bulk (Base Saturada)  
P.e. Aparente (Base Seca)

3,06
3,08
3,12



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
INGENIERIA DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
 TESIS : " Resistenciá a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : QUECHCAP  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO ZARANDEADO  
 FECHA : 02/08/2018

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios  
 D : Peso de material seco en el horno  
 E = C - ( A - D ) : Volumen de masa

ABSORCION (%) :  $((A-D/D) \times 100)$   
 ABS. PROM. (%) :

1005,2	1103,1	968,9
625,5	662,5	604,5
379,7	440,6	364,4
998,8	1094,8	960,3
373,3	432,3	355,8
0,64	0,76	0,90
0,77		

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO		
2,63	2,48	2,64
2,65	2,50	2,66
2,68	2,53	2,70

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,58
2,60
2,64



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
**TESIS :** " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** QUECHCAP  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO NATURAL  
**FECHA :** 25/04/2019

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18947	19280	18250
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13614	13947	12917
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1457	1493	1383
Peso unitario prom.	1444 Kg/m3		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	18870	18795	19690
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13537	13462	14357
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1449	1441	1537
Peso unitario prom.	1476 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DEPARTAMENTO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 GEOTECNIA  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

## PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
**TESIS :** " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** QUECHCAP  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO CHANCADO  
**FECHA :** 02/08/2018

### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	21275	20975	20675
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	15942	15642	15342
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1707	1675	1642
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1675 Kg/m3</b>		

### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	21310	21280	21250
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	15977	15947	15917
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1710	1707	1704
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1707 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS E  
 ENSAYOS MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy  
**TESIS :** " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** QUECHCAP  
**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO ZARANDEADO  
**FECHA :** 02/08/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19039	19893	19012
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	13706	14560	13679
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1467	1559	1464
<b>Peso unitario prom.</b>	1497 Kg/m3		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	19653	19667	19675
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	14320	14334	14342
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1533	1535	1535
<b>Peso unitario prom.</b>	1534 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MATERIAS DE CONSTRUCCION Y  
 ENSAYOS DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIF: 116544  
 JEFE

# **ANEXO N° 04**

## **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy

TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"

FECHA: 25/04/2019

F' C : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	EDAD ROTURA	FC DIAS	FC/F' C Kg/cm2	FC/F' C (%)
1	PATRON CONCRETO PERMEABLE	-	-	27/04/2019	04/05/2019	7	36,3	17,3
2	PATRON CONCRETO PERMEABLE	-	-	27/04/2019	04/05/2019	7	38,1	18,2
3	PATRON CONCRETO PERMEABLE	-	-	27/04/2019	04/05/2019	7	39,4	18,7
4	PATRON CONCRETO PERMEABLE	-	-	27/04/2019	11/05/2019	14	58,5	27,9
5	PATRON CONCRETO PERMEABLE	-	-	27/04/2019	11/05/2019	14	60,9	29,0
6	PATRON CONCRETO PERMEABLE			27/04/2019	11/05/2019	14	63,2	30,1
7	PATRON CONCRETO PERMEABLE			27/04/2019	25/05/2019	28	80,5	38,3
8	PATRON CONCRETO PERMEABLE			27/04/2019	25/05/2019	28	74,3	35,4
9	PATRON CONCRETO PERMEABLE			27/04/2019	25/05/2019	28	83,3	39,7

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE RESISTENCIA DE SUELOS Y  
CONCRETO Y MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIF: 116544  
JEFE

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA: BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy

TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"

FECHA: 20/09/2018

F'c : 210 kg/cm2

Nº	TESTIGO ELEMENTO	PROGRESIVA KM.	SLUMP (")	FECHA MOLDEO	ROTURA	EDAD DIAS	FC Kg/cm2	FC/F'c (%)
1	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	36,3	17,3
2	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	43,7	20,8
3	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	39,3	18,7
4	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA	-	-	10/08/2017	24/08/2017	14	59,0	28,1
5	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA	-	-	10/08/2017	24/08/2017	14	62,0	29,5
6	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA			10/08/2017	24/08/2017	14	66,5	31,7
7	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA			10/08/2017	07/09/2017	28	87,2	41,5
8	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA			10/08/2017	07/09/2017	28	85,6	40,7
9	EXPERIMENTAL 01 PIEDRA CHANCADA			10/08/2017	07/09/2017	28	91,2	43,4

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

SOLICITA: BACH. REYES PRINCIPE, Jhon Willy

TESIS : " Resistencia a la Compresion de un Concreto Permeable Utilizando Piedra Zarandeada y Chancada de la Cantera Quechcap, Huaraz - 2017"

FECHA: 20/09/2018

F' C : 210 kg/cm<sup>2</sup>

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F' C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm <sup>2</sup>	(%)
1	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	30,7	14,6
2	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	34,0	16,2
3	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA	-	-	10/08/2017	17/08/2017	7	33,6	16,0
4	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA	-	-	10/08/2017	24/08/2017	14	51,6	24,6
5	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA	-	-	10/08/2017	24/08/2017	14	59,0	28,1
6	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA			10/08/2017	24/08/2017	14	57,2	27,3
7	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA			10/08/2017	07/09/2017	28	84,6	40,3
8	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA			10/08/2017	07/09/2017	28	77,6	37,0
9	EXPERIMENTAL 02 PIEDRA ZARANDEADA			10/08/2017	07/09/2017	28	81,0	38,6

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

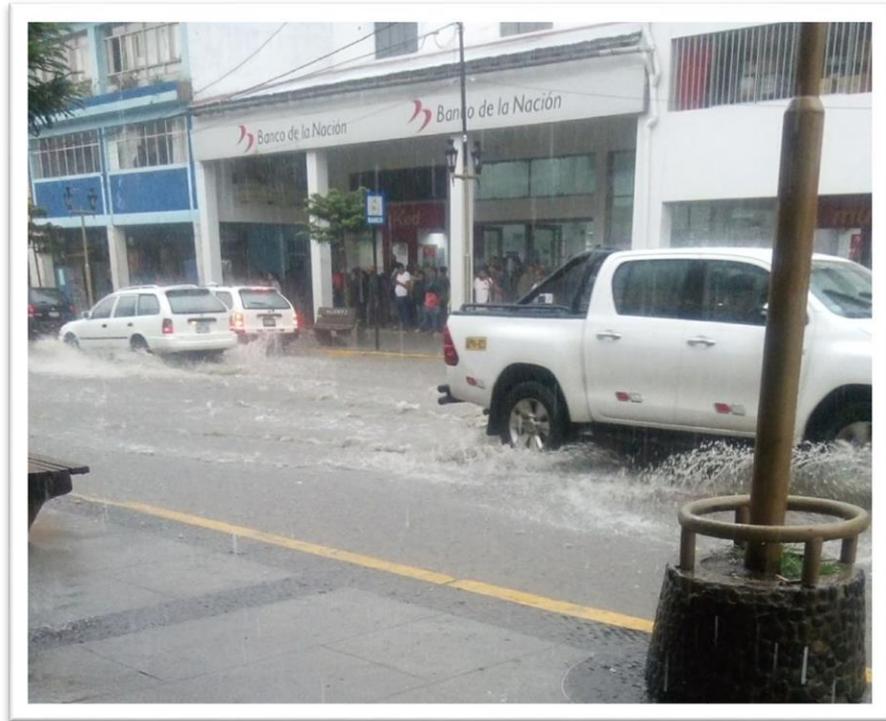
OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
CIMENTACIONES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

# **ANEXO N° 05**

## **PANEL FOTOGRAFICO**



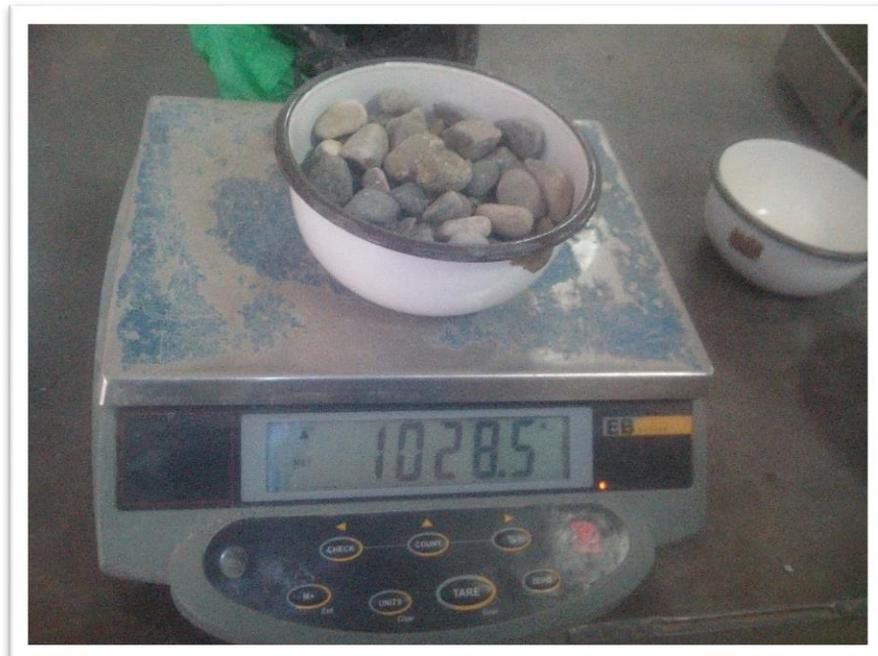
**Imagen. 01** Se observa la precipitación con sus máximas avenidas en pleno centro de Huaraz.



**Imagen. 02** Se observa la cantera Quechcap piedra chancada



**Imagen. 03** Se observa la cantera Quechcap donde se extrajo la muestra más representativa para el ensayo del agregado grueso.



**Imagen. 04** Se observa el peso del agregado grueso piedra zarandeada.



**Imagen. 05** Se observa el proceso para la consistencia del concreto.



**Imagen. 06** Se observa el cono de Abrams para determinar la relación agua cemento del concreto fresco.



**Imagen. 07** Se observa la elaboración de probetas.



**Imagen. 08** Se observa el curado de las muestras de concreto.



**Imagen. 09** Se observa la resistencia a la compresión de probetas.



**Imagen. 10** Se observa las muestras de la resistencia a la compresión de probetas.



**Imagen. 11** Se observa la saturación de la muestra para la prueba de infiltración.



**Imagen. 12** Se observa el drenaje del concreto permeable.