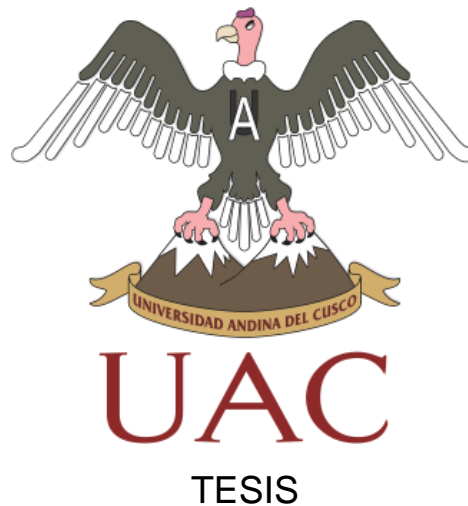




UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



---

**EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD,  
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO  
ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y  
1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y  
HUILLQUE.**

---

**Presentado por los bachilleres:**

Leiva Marin, Michael Marcelo

Palomino Prudencio, Braham Roberto

**Para optar al Título Profesional:**

**Ingeniero Civil**

Asesor:

Ing. Heiner Soto Flores

**CUSCO – PERÚ**

**2016**



## DEDICATORIA

**A Dios**, *Por haberme permitido llegar hasta este punto y dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.*

**A mi mamá Judith**, Por apoyarme en todo momento, por sus consejos sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

**A mi papá Miguel**, Por ser mi ejemplo y modelo, por el aliento diario para seguir creciendo, por enseñarme casi todo, porque gracias a él soy el hombre que soy ahora.

**A mis hermanas Sharon y Daniela**, por su aliento y su cariño, porque pretendo ser el ejemplo de ellas.

**A mi novia Flor**, por poner su confianza en mí, por su apoyo y su aliento, su cariño y comprensión en la realización de esta Tesis.

**A mi hija Mía**, por ser lo más preciado que tengo en la vida, y porque todos mis logros serán los tuyos.

A toda mi familia y amigos de la universidad, en especial a Braham porque a pesar de todo, juntos logramos alcanzar nuestras metas.

**MICHAEL MARCELO LEIVA MARIN**

**A DIOS**, porque nunca me abandona, por guiarme en cada paso que doy y darme la oportunidad de cumplir todos mis objetivos.

A mis padres, **Roberto Palomino y Rene Prudencio**, por su amor, por ser el ejemplo en mi vida, por guiarme en mis malos momentos, porque gracias a ellos estoy logrando todas mis metas en mi vida.

A mis hermanas, **Sherelyn Samantha y Xanthe Kalit**, porque son el motivo para mejorar y ser un ejemplo para ellas, son un gran apoyo en mi vida.

A mis tíos por sus consejos para ser mejor y seguir adelante y a mis primos para que sigan adelante y cumplan sus sueños, a Margiori por su compañía, su cariño y comprensión

A mis amigos que me acompañaron en todo mi trayecto de la universidad a Joe, Elvis que apoyaron en esta tesis con quienes pase momentos muy gratos, asimismo a Michael, con quien logre alcanzar esta meta muy importante, a quien le deseo lo mejor en la vida.

**BRAHAM ROBERTO PALOMINO PRUDENCIO**



## AGRADECIMIENTOS

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil por brindarme sus conocimientos y experiencias; A mí asesor Ing. Heiner Soto Flores por sus enseñanzas. A mi tío Miguel Mendoza quien más que un tío es un hermano para mí, así mismo a mi Mamita Martha por su cariño incondicional. A mis amigos Mónica, Elvis, Javier y a todas las personas que con su apoyo y motivación hicieron posible culminar esta tesis.

### **MICHAEL MARCELO LEIVA MARIN**

A todos los docentes que me guiaron en toda mi formación como estudiante. A mi asesor Ing. Heiner Soto Flores por su paciencia y enseñanzas para poder realizar esta tesis. A todas las personas que me apoyaron en lo moral y brindándome sus conocimientos para que cada día sea mejor, siempre hay algo nuevo por aprender.

### **PALOMINO PRUDENCIO BRAHAM ROBERTO**



## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo evaluar los resultados óptimos al comparar la permeabilidad, resistencia a la compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP de la marca YURA y partículas de igual tamaño de agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque ubicadas en el departamento del Cusco y determinar los objetivos específicos planteados.

Con la finalidad de determinar las características físico-mecánicas de los agregados se realizó los ensayos de la Norma Técnica Peruana correspondientes a Agregado Grueso; para elaborar el concreto poroso se empleó el diseño de mezclas mediante el método A.C.I. 211,2-98, teniendo un total de 9 diseños y 270 muestras cilíndricas.

Las muestras se realizaron a tamaños de agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" para 7, 14 y 28 días se evaluaron en parámetros de resistencia a la compresión y revenimiento; así también se realizaron ensayos de permeabilidad e infiltración.

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión y revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu son mayores que los de las canteras de Abril y Huillque con una resistencia promedio a los 28 días de 191.67 kg/cm<sup>2</sup>, y revenimiento promedio de 28.39 cm; en cuanto a permeabilidad e infiltración, la cantera con resultados más altos fue Huillque con una permeabilidad promedio de 114.50 ml/s y una infiltración promedio de 874.79 l/min/m<sup>2</sup>.

**PALABRAS CLAVE: CONCRETO POROSO, PERMEABILIDAD, INFILTRACIÓN, REVENIMIENTO, DISEÑO DE MEZCLAS.**





## ABSTRACT

The objective of the present investigation was to obtain optimum results when comparing the permeability, compressive strength of porous concrete made with YURA IP cement and particles of homogeneous aggregate size of 1/2", 3/8" and 1/4" Of the quarries of Machupicchu, Abril and Huillque located in the department of Cusco.

In order to determine the physical mechanical characteristics of the aggregates, the tests of the Peruvian Technical Standard corresponding to Coarse Aggregate were performed; to elaborate the porous concrete was used the design of mixtures by the method ACI 211, 98-2, having a total of 9 designs and 270 cylindrical samples.

Samples were made at 1/2 ", 3/8" and 1/4 "aggregate sizes for 7, 14, and 28 days were evaluated in parameters of resistance to compression and slump; So permeability and infiltration tests were also carried out.

The results obtained from the compressive strength and reveniment of the porous concrete made with aggregate of the quarry of Machupicchu are greater than those of the quarries of Abril and Huillque with an average resistance at 28 days of 191.67 kg / cm<sup>2</sup>, and average slump Of 28.39 cm; In terms of permeability and infiltration, Huillque with an average permeability of 114.50 mL / s and an average infiltration of 874.79 l / min / m<sup>2</sup>.

**KEYWORDS: PERVIOUS CONCRETE, PERMEABILITY, INFILTRATION, REVENGE, MIX DESIGN.**



## INTRODUCCIÓN

El concreto poroso es un material fabricado en base a cantidades controladas de cemento, agregado grueso, agua para crear una masa de partículas de agregado cubierta con una capa delgada de pasta; y corresponde a una de las alternativas factibles para el adecuado manejo de lluvias, así como también posee aplicaciones de aislamiento acústico y térmico por lo tanto el concreto poroso se puede establecer como una medida innovadora ante tales problemas.

En la ciudad del Cusco no se encuentran investigaciones acerca del tema lo que limita la aplicación del concreto poroso por lo tanto se pretende indagar las características tanto mecánicas como hidráulicas que poseería el concreto poroso elaborado con cemento Yura portland IP con agregado grueso de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril, Huillque.

Una de las primordiales características del concreto poroso es su capacidad para absorber agua, porque posee poros interconectados que permite el paso de agua, su contenido de vacíos varía de acuerdo al tamaño de agregado que se utilice, en nuestra investigación fueron de 1/2", 3/8" y 1/4", las principales propiedades dependen mucho del tamaño del agregado cuanto más grande sea el agregado mayor será la permeabilidad y la infiltración pero menor será su resistencia.

La investigación consta de la recolección de un marco teórico en el capítulo II de la presente tesis, que describe los ensayos, los métodos de diseño de mezclas, entre otros; a través de estos datos recolectados empezaremos con el cálculo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a utilizar, luego se realizara la elaboración de testigos para ensayos de resistencia a la compresión, revenimiento, permeabilidad e infiltración; en el capítulo IV se comparó el comportamiento del concreto poroso al usar diferentes clases de agregado grueso de las Canteras de Machupicchu, Abril y Huillque de 1/2", 3/8" y 1/4"; con la finalidad de identificar como varían las propiedades del concreto con respecto a la cantera y tamaño del agregado y seleccionar el concreto poroso más eficiente.



**ÍNDICE GENERAL**

**AGRADECIMIENTOS .....ii**

**RESUMEN.....iii**

**ABSTRACT.. .iv**

**INTRODUCCIÓN .....v**

**1           CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 1**

1.1.           Identificación del Problema ..... 1

1.1.1.          Descripción del Problema..... 1

1.1.2.          Formulación Interrogativa del Problema .....2

1.1.2.1.        Formulación Interrogativa del Problema General .....2

1.1.2.2.        Formulación Interrogativa de Los Problemas Específicos .....3

1.2.           Justificación e Importancia del Problema.....4

1.2.1.          Justificación Técnica.....4

1.2.2.          Justificación Social .....4

1.2.3.          Justificación de la Viabilidad .....4

1.2.4.          Justificación por Relevancia .....5

1.3.           Limitaciones de la Investigación.....5

1.4.           Objetivos de la Investigación.....6

1.4.1.          Objetivo General.....6

1.4.2.          Objetivos Específicos .....6

1.5.           Hipótesis .....7

1.5.1.          Hipótesis General .....7

1.5.2.          Sub Hipótesis.....7

1.6.           Definición de Variables .....8

1.6.1          Variable Independiente.....8

1.6.2          Variable dependiente.....9

1.6.3          Cuadro de Operacionalización de Variables.....10

**2.           CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....12**

2.1.           Antecedentes ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.1.1.          Antecedentes a Nivel Nacional .....12

2.1.2.          Antecedentes a Nivel Internacional.....13

2.2.           Aspectos Teóricos Pertinentes.....16

2.2.1.          Definición del Concreto .....16

2.2.2.          Definición del Concreto Poroso.....18

2.2.2.1.        Definición del Concreto Poroso.....18

2.2.2.2.        Importancia del Concreto Poroso.....19

2.2.2.3.        Requisitos de Las Mezclas de Concreto (Poroso).....20



2.2.2.4.	Hidratación y Curado del Concreto (Poroso) .....	20
2.2.2.5.	Condiciones Especiales de Curado y Protección .....	20
2.2.2.6.	Ventajas del Concreto Poroso.....	21
2.2.2.7.	Desventajas del Concreto Poroso.....	21
2.2.3.	Cemento .....	22
2.2.3.1.	Cemento Portland Puzolánico IP .....	23
2.2.3.2.	Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento .....	23
2.2.3.2.1.	Peso Específico .....	23
2.2.3.2.2.	Superficie Específica (Finura) .....	24
2.2.3.2.3.	Fraguado del Cemento.....	24
2.2.4.	Agregado .....	25
2.2.4.1.	Clasificación de los Agregados .....	26
2.2.4.2.	Agregado Grueso .....	27
2.2.4.3.	Características.....	27
2.2.4.4.	Granulometría.....	27
2.2.4.5.	Tamaño Máximo .....	28
2.2.4.6.	Tamaño Máximo Nominal.....	28
2.2.4.7.	Funciones del Agregado.....	28
2.2.4.8.	Propiedades Físicas del Agregado .....	29
2.2.4.8.1.	Granulometría.....	29
2.2.4.8.2.	Superficie Específica .....	30
2.2.4.8.3.	Densidad del Agregado .....	30
2.2.4.8.4.	Porosidad del Agregado .....	31
2.2.4.8.5.	Absorción .....	32
2.2.4.8.6.	Contenido de Humedad.....	33
2.2.4.8.7.	Humedad Superficial .....	33
2.2.4.8.8.	Peso Unitario .....	33
2.2.4.8.9.	Limpieza.....	36
2.2.4.8.10.	Volumen Absoluto.....	36
2.2.4.8.11.	Contenido de Vacíos .....	36
2.2.4.9.	Propiedades Mecánicas del Agregado .....	37
2.2.4.9.1.	Resistencia del Agregado.....	37
2.2.4.9.2.	Tenacidad del Agregado .....	38
2.2.4.9.3.	Adherencia del Agregado .....	38
2.2.4.9.4.	Dureza del Agregado.....	39
2.2.5.	Agua.....	40
2.2.5.1.	Agua de Lavado de Agregados.....	40



2.2.5.2. Agua de Mezclado o Amasado .....40

2.2.5.3. Agua de Curado.....41

2.2.6. Propiedades del Concreto (Poroso).....41

2.2.6.1. Propiedades del Concreto en Estado no Endurecido.....41

2.2.6.1.1. Trabajabilidad .....41

2.2.6.1.2. Consistencia .....44

2.2.6.1.3. Cohesividad .....47

2.2.6.1.4. Segregación.....47

2.2.6.1.5. Exudación .....48

2.2.6.1.6. Contenido de Aire .....48

2.2.6.2. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido.....49

2.2.6.2.1. Permeabilidad .....49

2.2.6.2.2. Porosidad.....49

2.2.6.2.3. Resistencia .....49

2.2.6.2.4. Peso Unitario .....51

2.2.7. Diseño de Mezclas de Concreto .....52

2.2.7.1. Diseño de Mezclas del Concreto Poroso .....52

2.2.7.2. Diseño de Mezclas Método ACI - 2 - 98 .....52

2.2.7.2.1. Factores Que Afectan El Proporcionamiento Del Concreto Poroso Según Método ACI - 2 - 98.52

2.2.8. Elaboración De Briquetas De Concreto Poroso .....55

**3 CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....56**

3.1. Metodología de la Investigación.....56

3.1.1. Tipo de Investigación.....56

3.1.2. Nivel de la Investigación.....56

3.1.3. Método de la Investigación.....57

3.2. Diseño de la Investigación.....57

3.2.1. Diseño Metodológico .....57

3.2.2. Diseño de Ingeniería .....58

3.3. Población y Muestra .....59

3.3.1. Población .....59

3.3.1.1. Descripción de la Población .....59

3.3.1.1.1. Los Agregados:.....59

3.3.1.1.2. Agua.....59

3.3.1.1.3. Cemento .....59

3.3.1.2. Cuantificación de la Población .....60

3.3.2. Muestra .....60

3.3.2.1. Descripción de la Muestra .....60



- 3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra .....60
- 3.3.2.3. Método de Muestreo.....61
- 3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra .....61
  - 3.3.2.4.1 Para Agregados Gruesos .....61
  - 3.3.2.4.2 Para el Agua .....61
  - 3.3.2.4.3 Cemento Portland Ip.....61
  - 3.3.2.4.4 Ensayo de Resistencia a la Compresión .....62
  - 3.3.2.4.5 Ensayo de Permeabilidad e Infiltración.....62
- 3.3.3. Criterios de Inclusión .....62
- 3.4. Instrumentos .....63
  - 3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos .....63
    - 3.4.1.1. Hoja de Cálculo Para Granulometría de Agregados .....63
    - 3.4.1.2. Hoja de Cálculo Para Porcentaje de Humedad .....64
    - 3.4.1.3. Hoja de Cálculo Para Peso Específico y Absorción .....65
    - 3.4.1.4. Hoja de Cálculo Para Peso Unitario.....66
    - 3.4.1.5. Hoja de Cálculo Prueba de Abrasión de los Ángeles.....67
    - 3.4.1.6. Hoja de Cálculo Revenimiento .....68
    - 3.4.1.7. Hoja de Cálculo Permeabilidad .....69
    - 3.4.1.8. Hoja de Cálculo Infiltración.....70
    - 3.4.1.9. Hoja de Cálculo Características de Briquetas .....71
    - 3.4.1.10. Hoja de Cálculo Rotura de Briquetas.....72
  - 3.4.2. Instrumentos de Ingeniería.....73
- 3.5. Procedimientos De Recolección De Datos .....80
  - 3.5.1. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (NTP 400.012).....80
    - 3.5.1.1. Equipos .....80
    - 3.5.1.2. Procedimiento .....80
    - 3.5.1.3. Toma de Datos .....82
  - 3.5.2. Contenido de Humedad (NTP 339.185).....85
    - 3.5.2.1. Equipos .....85
    - 3.5.2.2. Procedimiento .....85
    - 3.5.2.3. Toma de Datos .....86
  - 3.5.3. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (NTP 400.021) .....89
    - 3.5.3.1. Equipos .....89
    - 3.5.3.2. Procedimiento .....89
    - 3.5.3.3. Toma de Datos .....91
  - 3.5.4. Peso Unitario del Agregado Grueso (NTP 400.017) .....94
    - 3.5.4.1. Equipos .....94



3.5.4.2. Procedimiento .....94

3.5.4.3. Toma de Datos .....96

3.5.5. Ensayo de Abrasión (NTP 400.019) .....102

3.5.5.1. Equipos .....102

3.5.5.2. Procedimiento .....103

3.5.5.3. Toma de Datos .....104

3.5.6. Ensayo de Revenimiento (Cono de Abrams Invertido) (N.T.G. 410.017) .....107

3.5.6.1. Equipos .....107

3.5.6.2. Procedimiento .....107

3.5.6.3. Toma de Datos .....108

3.5.7. Elaboración de Briquetas de Concreto Poroso.....112

3.5.7.1. Equipos .....112

3.5.7.2. Procedimiento .....113

3.5.8. Ensayo de Permeabilidad e Infiltración de Probetas .....114

3.5.8.1. Equipos .....114

3.5.8.2. Procedimiento .....114

3.5.8.3. Toma de Datos .....115

3.5.9. Ensayo de Resistencia a la Compresión (NTP 339.034) .....127

3.5.9.1. Equipos .....127

3.5.9.2. Procedimiento .....127

3.5.9.3. Toma de Datos .....128

3.6. Procesamiento de Análisis de Datos .....155

3.6.1. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera de Machupicchu ...155

3.6.1.1. Granulometría del Agregado Grueso .....155

3.6.1.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....155

3.6.1.1.2. Diagrama .....156

3.6.1.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso .....157

3.6.1.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso .....157

3.6.1.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....157

3.6.1.2.2. Tablas .....157

3.6.1.2.3. Análisis de la Prueba .....157

3.6.1.3. Peso Específico de los Agregado Grueso .....158

3.6.1.3.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....158

3.6.1.3.2. Tablas .....158

3.6.1.3.3. Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso .....159

3.6.1.4. Peso Unitario del Agregado Grueso .....159

3.6.1.4.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....159



3.6.1.4.2. Tablas ..... 160

3.6.1.4.3. Análisis de la Prueba ..... 161

3.6.1.5. Prueba de Abrasión los Ángeles ..... 161

3.6.1.5.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 161

3.6.1.5.2. Tablas ..... 162

3.6.1.5.3. Análisis ..... 162

3.6.1.6. Diseño De Mezclas ..... 162

3.6.1.6.1. Procesamiento de Análisis de Datos Diseño de Mezclas Cantera Machupicchu Agregado de 1/2" .. 162

3.6.1.6.2. Datos Obtenidos de los Componentes Del Concreto ..... 163

3.6.1.6.3. Pasos Para El Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI. 211,2-98..... 164

3.6.1.7. Revenimiento ..... 172

3.6.1.7.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 172

3.6.1.7.2. Tablas ..... 173

3.6.1.7.3. Análisis De La Prueba ..... 174

3.6.1.8. Permeabilidad ..... 174

3.6.1.8.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 174

3.6.1.8.2. Tablas ..... 174

3.6.1.8.3. Análisis de la Prueba ..... 176

3.6.1.9. Infiltración ..... 176

3.6.1.9.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 176

3.6.1.9.2. Tablas ..... 176

3.6.1.9.3. Análisis de la Prueba ..... 177

3.6.1.10. Aceptación de Briquetas..... 178

3.6.1.10.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 178

3.6.1.10.2. Tablas ..... 178

3.6.1.10.3. Análisis de la Prueba ..... 182

3.6.1.11. Ensayo de Compresión de Briquetas..... 182

3.6.1.11.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 182

3.6.1.11.2. Tablas ..... 182

3.6.1.11.3. Análisis de la Prueba ..... 185

3.6.2. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera de Abril 186

3.6.2.1. Granulometría del Agregado Grueso ..... 186

3.6.2.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 186

3.6.2.1.2. Diagrama ..... 187

3.6.2.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso ..... 187

3.6.2.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso ..... 188

3.6.2.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba ..... 188





3.6.2.2.2.	Tablas .....	188
3.6.2.2.3.	Análisis de la Prueba .....	188
3.6.2.3.	Peso Específico de los Agregado Grueso .....	188
3.6.2.3.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	188
3.6.2.3.2.	Tablas .....	189
3.6.2.3.3.	Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso .....	189
3.6.2.4.	Peso Unitario del Agregado Grueso .....	190
3.6.2.4.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	190
3.6.2.4.2.	Tablas .....	191
3.6.2.4.3.	Análisis de la Prueba .....	191
3.6.2.5.	Prueba de Abrasión los Ángeles .....	192
3.6.2.5.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	192
3.6.2.5.2.	Tablas .....	192
3.6.2.5.3.	Análisis de la Prueba .....	192
3.6.2.6.	Diseño de Mezclas Cantera Abril Agregado de 1/2" .....	193
3.6.2.6.1.	Datos Obtenidos de los Componentes del Concreto.....	193
3.6.2.6.2.	Pasos Para de Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI 211,2-98.....	194
3.6.2.7.	Revenimiento .....	203
3.6.2.7.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	203
3.6.2.7.2.	Tablas .....	204
3.6.2.7.3.	Análisis de la Prueba .....	205
3.6.2.8.	Permeabilidad .....	205
3.6.2.8.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	205
3.6.2.8.2.	Tablas .....	206
3.6.2.8.3.	Análisis de la Prueba .....	207
3.6.2.9.	Infiltración.....	207
3.6.2.9.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	207
3.6.2.9.2.	Tablas .....	208
3.6.2.9.3.	Análisis de la Prueba .....	209
3.6.2.10.	Aceptación de Briquetas.....	209
3.6.2.10.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	209
3.6.2.10.2.	Tablas .....	210
3.6.2.10.3.	Análisis de la Prueba .....	214
3.6.2.11.	Ensayo de Compresión de Briquetas.....	214
3.6.2.11.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	214
3.6.2.11.2.	Tablas .....	214
3.6.2.11.3.	Análisis de la Prueba .....	217



3.6.3. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera De Huillque..218

3.6.3.1. Granulometría del Agregado Grueso .....218

3.6.3.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....218

3.6.3.1.2. Diagrama .....219

3.6.3.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso .....219

3.6.3.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso .....219

3.6.3.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....219

3.6.3.2.2. Tablas .....220

3.6.3.2.3. Análisis de la Prueba .....220

3.6.3.3. Peso Específico de los Agregado Grueso .....220

3.6.3.3.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....220

3.6.3.3.2. Tablas .....221

3.6.3.3.3. Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso .....221

3.6.3.4. Peso Unitario Del Agregado Grueso .....221

3.6.3.4.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....221

3.6.3.4.2. Tablas .....223

3.6.3.4.3. Análisis de la Prueba .....223

3.6.3.5. Prueba de Abrasión los Ángeles .....224

3.6.3.5.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....224

3.6.3.5.2. Tablas .....224

3.6.3.5.3. Análisis de la Prueba .....224

3.6.3.6. Diseño de Mezclas Cantera Huillque Agregado de 1/2" .....225

3.6.3.6.1. Datos Obtenidos de los Componentes del Concreto.....225

3.6.3.6.2. Pasos Para el Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI 211,2-98. ....226

3.6.3.7. Revenimiento .....236

3.6.3.7.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....236

3.6.3.7.2. Tablas .....237

3.6.3.7.3. Análisis de la Prueba .....237

3.6.3.8. Permeabilidad .....238

3.6.3.8.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....238

3.6.3.8.2. Tablas .....238

3.6.3.8.3. Análisis de la Prueba .....239

3.6.3.9. Infiltración .....239

3.6.3.9.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....239

3.6.3.9.2. Tablas .....240

3.6.3.9.3. Análisis de la Prueba .....241

3.6.3.10. Aceptación de Briquetas.....241



3.6.3.10.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	241
3.6.3.10.2.	Tablas .....	242
3.6.3.10.3.	Análisis de la Prueba .....	246
3.6.3.11.	Ensayo de Compresión de Briquetas.....	246
3.6.3.11.1.	Procedimiento o Cálculos de la Prueba .....	246
3.6.3.11.2.	Tablas .....	246
3.6.3.11.3.	Análisis de la Prueba .....	249
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>250</b>
4.1	Comparación de la Permeabilidad .....	250
4.2	Comparación de la Compresión.....	256
4.3	Comparación de la Infiltración .....	270
4.4	Comparación del Revenimiento .....	276
4.5	Comparación de Abrasión .....	282
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....</b>	<b>283</b>
<b>6.</b>	<b>GLOSARIO.....</b>	<b>286</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>293</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>298</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>300</b>
<b>10.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>301</b>



**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA N° 1: Cuadro de operacionalización de variables ..... 10

TABLA N° 2: Clasificación según su tamaño ..... 26

TABLA N° 3: Resistencia del agregado ..... 37

TABLA N° 4: Factor de corrección altura diámetro del espécimen cilíndrico..... 51

TABLA N° 5: Relación agua/cemento y la resistencia a al compresión del concreto ..... 54

TABLA N° 6: Ratios máximos admisibles de agua para el concreto en exposiciones severas ..... 54

TABLA N° 7: Distribución de la muestra a ensayar ..... 61

TABLA N° 8: Datos de la cantera de huillque ..... 82

TABLA N° 9: Datos de la cantera de abril..... 83

TABLA N° 10: Datos de la cantera de machupicchu..... 84

TABLA N° 11: Datos contenido de humedad agregado grueso cantera machupicchu..... 86

TABLA N° 12: Datos contenido de humedad agregado grueso cantera abril..... 87

TABLA N° 13: Datos contenido de humedad agregado grueso cantera huillque..... 88

TABLA N° 14: Datos peso específico y absorción de agregado grueso cantera machupicchu ..... 91

TABLA N° 15: Datos peso específico y absorción de agregado grueso cantera abril ..... 92

TABLA N° 16: Datos peso específico y absorción de agregado grueso cantera huillque..... 93

TABLA N° 17: Datos peso unitario del agregado grueso cantera machupicchu ..... 96

TABLA N° 18: Datos peso unitario del agregado grueso cantera abril ..... 98

TABLA N° 19: Datos peso unitario del agregado grueso cantera huillque ..... 100

TABLA N° 20: Número de esferas según peso de la muestra para máquina de los ángeles ..... 102

TABLA N° 21: Gradación de las muestras de ensayo ..... 102

TABLA N° 22: Datos abrasión agregado grueso cantera machupicchu ..... 104

TABLA N° 23: Datos abrasión agregado grueso cantera abril ..... 105

TABLA N° 24: Datos abrasión agregado grueso cantera huillque ..... 106

TABLA N° 25: Datos revenimiento del agregado grueso cantera machupicchu 1/2" ..... 108

TABLA N° 26: Datos revenimiento del agregado grueso cantera machupicchu 3/8" ..... 109

TABLA N° 27: Datos revenimiento del agregado grueso cantera machupicchu 1/4" ..... 109

TABLA N° 28: Datos revenimiento del agregado grueso cantera abril 1/2" ..... 110

TABLA N° 29: Datos revenimiento del agregado grueso cantera abril 3/8" ..... 110

TABLA N° 30: Datos revenimiento del agregado grueso cantera abril 1/4" ..... 111

TABLA N° 31: Datos revenimiento del agregado grueso cantera huillque 1/2" ..... 111

TABLA N° 32: Datos revenimiento del agregado grueso cantera huillque 3/8" ..... 112



TABLA N° 33: Datos revenimiento del agregado grueso cantera huillque 1/4" ..... 112

TABLA N° 34: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera machupicchu 1/2" ..... 115

TABLA N° 35: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera machupicchu 3/8" ..... 116

TABLA N° 36: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera machupicchu 1/4" ..... 116

TABLA N° 37: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera abril 1/2" ..... 117

TABLA N° 38: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera abril 3/8" ..... 118

TABLA N° 39: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera abril 1/4" ..... 118

TABLA N° 40: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera huillque 1/2" ..... 119

TABLA N° 41: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera huillque 3/8" ..... 120

TABLA N° 42: Datos permeabilidad del agregado grueso cantera huillque 1/4" ..... 120

TABLA N° 43: Datos infiltración del agregado grueso cantera machupicchu 1/2" ..... 121

TABLA N° 44: Datos infiltración del agregado grueso cantera machupicchu 3/8" ..... 122

TABLA N° 45: Datos infiltración del agregado grueso cantera machupicchu 1/4" ..... 122

TABLA N° 46: Datos infiltración del agregado grueso cantera abril 1/2" ..... 123

TABLA N° 47: Datos infiltración del agregado grueso cantera abril 3/8" ..... 124

TABLA N° 48: Datos infiltración del agregado grueso cantera abril 1/4" ..... 124

TABLA N° 49: Datos infiltración del agregado grueso cantera huillque 1/2" ..... 125

TABLA N° 50: Datos infiltración del agregado grueso cantera huillque 3/8" ..... 126

TABLA N° 51: Datos infiltración del agregado grueso cantera huillque 1/4" ..... 126

TABLA N° 52: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 7 días de 1/2" ..... 128

TABLA N° 53: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 7 días de 3/8" ..... 129

TABLA N° 54: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 7 días de 1/4" ..... 129

TABLA N° 55: Datos compresión de briquetas cantera machupicchu 7 días de 1/2", 3/8" y 1/4" ..... 130

TABLA N° 56: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 14 días ..... 131

TABLA N° 57: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 14 días de 3/8" ..... 132

TABLA N° 58: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 14 días de 1/4" ..... 132

TABLA N° 59: Datos compresión de briquetas cantera machupicchu 14 días ..... 133

TABLA N° 60: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 28 días ..... 134

TABLA N° 61: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 28 días de 3/8" ..... 135

TABLA N° 62: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 28 días de 1/4" ..... 135

TABLA N° 63: Datos compresión de briquetas cantera machupicchu 28 días ..... 136

TABLA N° 64: Datos aceptación de briquetas cantera abril 7 días ..... 137

TABLA N° 65: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 7 días de 3/8" ..... 138

TABLA N° 66: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 7 días de 1/4" ..... 138

TABLA N° 67: Datos compresión de briquetas cantera abril 7 días ..... 139



TABLA N° 68: Datos aceptación de briquetas cantera abril 14 días ..... 140

TABLA N° 69: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 14 días de 3/8" ..... 141

TABLA N° 70: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 14 días de 1/4" ..... 141

TABLA N° 71: Datos compresión de briquetas cantera abril 14 días ..... 142

TABLA N° 72: Datos aceptación de briquetas cantera abril 28 días ..... 143

TABLA N° 73: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 28 días de 3/8" ..... 144

TABLA N° 74: Datos aceptación de briquetas cantera machupicchu 28 días de 1/4" ..... 144

TABLA N° 75: Datos compresión de briquetas cantera abril 28 días ..... 145

TABLA N° 76: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 7 días ..... 146

TABLA N° 77: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 7 días de 3/8" ..... 147

TABLA N° 78: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 7 días de 1/4" ..... 147

TABLA N° 79: Datos compresión de briquetas cantera huillque 7 días..... 148

TABLA N° 80: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 14 días ..... 149

TABLA N° 81: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 14 días de 3/8" ..... 150

TABLA N° 82: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 14 días de 1/4" ..... 150

TABLA N° 83: Datos compresión de briquetas cantera huillque 14 días..... 151

TABLA N° 84: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 28 días ..... 152

TABLA N° 85: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 28 días de 3/8" ..... 153

TABLA N° 86: Datos aceptación de briquetas cantera huillque 28 días de 1/4" ..... 153

TABLA N° 87: Datos compresión de briquetas cantera huillque 28 días..... 154

TABLA N° 88: Análisis granulométrico del agregado grueso cantera de machupicchu..... 155

TABLA N° 89: Calculo del porcentaje de humedad del agregado grueso..... 157

TABLA N° 90: Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso ..... 158

TABLA N° 91: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso ..... 160

TABLA N° 92: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso ..... 161

TABLA N° 93: Calculo de la prueba de abrasión de los ángeles ..... 162

TABLA N° 94: Datos del agregado grueso ..... 163

TABLA N° 95: Datos del agregado fino estándar..... 163

TABLA N° 96: Resistencia a la compresión promedio ..... 164

TABLA N° 97: Consistencia y asentamientos ..... 164

TABLA N° 98: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para agregados ..... 165

TABLA N° 99: Relación agua - cemento y resistencia a compresión del concreto ..... 166

TABLA N° 100: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto..... 167

TABLA N° 101: Volúmenes absolutos ..... 168

TABLA N° 102: Pesos absolutos de agua, cemento, agregado grueso y fino ..... 169



TABLA N° 103: Peso corregido de los agregados grueso y fino..... 169

TABLA N° 104: Cálculo de balance de agua ..... 170

TABLA N° 105: Cálculo de contribución de agua ..... 170

TABLA N° 106: Dosificación final por metro cúbico ..... 170

TABLA N° 107: Dosificación final corregida por metro cúbico ..... 171

TABLA N° 108: Dosificación final por briquetera agregado de 1/2" ..... 171

TABLA N° 109: Dosificación final por briquetera agregado de 3/8" ..... 172

TABLA N° 110: Dosificación final por briquetera agregado de 1/4" ..... 172

TABLA N° 111: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/2" ..... 173

TABLA N° 112: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 3/8" ..... 173

TABLA N° 113: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/4" ..... 174

TABLA N° 114: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/2" ..... 174

TABLA N° 115: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 3/8" ..... 175

TABLA N° 116: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/4" ..... 175

TABLA N° 117: Infiltración del concreto poroso de 1/2" ..... 176

TABLA N° 118: Infiltración del concreto poroso de 3/8" ..... 177

TABLA N° 119: Infiltración del concreto poroso de 1/4" ..... 177

TABLA N° 120: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de machupicchu a los 7 días .. 179

TABLA N° 121: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de machupicchu a los 14 días 180

TABLA N° 122: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de machupicchu a los 28 días 181

TABLA N° 123: Ruptura de concreto poroso a los 7 días cantera de machupicchu ..... 182

TABLA N° 124: Ruptura de concreto poroso a los 14 días cantera de machupicchu ..... 183

TABLA N° 125: Ruptura de concreto poroso a los 28 días cantera de machupicchu ..... 184

TABLA N° 126: Análisis granulométrico del agregado grueso cantera de abril..... 186

TABLA N° 127: Cálculo del porcentaje de humedad del agregado grueso..... 188

TABLA N° 128: Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso ..... 189

TABLA N° 129: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso ..... 191

TABLA N° 130: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso ..... 191

TABLA N° 131: Calculo de la prueba de abrasión de los ángeles ..... 192

TABLA N° 132: Datos del agregado grueso ..... 193

TABLA N° 133: Datos del agregado fino estándar..... 194

TABLA N° 134: Resistencia a la compresión promedio ..... 195

TABLA N° 135: Consistencia y asentamientos ..... 195

TABLA N° 136: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para agregados ..... 196

TABLA N° 137: Relación agua- cemento y resistencia a compresión del concreto ..... 197





TABLA N° 138: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto..... 198

TABLA N° 139: Volúmenes absolutos ..... 199

TABLA N° 140: Pesos absolutos de agua, cemento, agregado grueso y fino ..... 200

TABLA N° 141: Peso corregido de los agregados grueso y fino..... 200

TABLA N° 142: Cálculo de balance de agua ..... 201

TABLA N° 143: Cálculo de contribución de agua ..... 201

TABLA N° 144: Dosificación final por metro cúbico ..... 201

TABLA N° 145: Dosificación final corregida por metro cúbico ..... 202

TABLA N° 146: Dosificación final por briquetera agregado de 1/2" ..... 202

TABLA N° 147: Dosificación final por briquetera agregado de 3/8" ..... 203

TABLA N° 148: Dosificación final por briquetera agregado de 1/4" ..... 203

TABLA N° 149: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/2" ..... 204

TABLA N° 150: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 3/8" ..... 205

TABLA N° 151: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/4 ..... 205

TABLA N° 152: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/2" ..... 206

TABLA N° 153: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 3/8" ..... 206

TABLA N° 154: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/4" ..... 207

TABLA N° 155: Infiltración del concreto poroso de 1/2" ..... 208

TABLA N° 156: Infiltración del concreto poroso de 3/8" ..... 208

TABLA N° 157: Infiltración del concreto poroso de 1/4" ..... 209

TABLA N° 158: Aceptación de briquetas para concreto poroso de la cantera de abril a los 7 días..... 211

TABLA N° 159: Aceptación de briquetas para concreto poroso de la cantera de abril a los 14 días..... 212

TABLA N° 160: Aceptación de briquetas para concreto poroso de la cantera de abril a los 28 días..... 213

TABLA N° 161: Ruptura de concreto poroso a los 7 días cantera de abril ..... 214

TABLA N° 162: Ruptura de concreto poroso a los 14 días cantera de abril ..... 215

TABLA N° 163: Ruptura de concreto poroso a los 28 días cantera de abril ..... 216

TABLA N° 164: Análisis granulométrico del agregado grueso..... 218

TABLA N° 165: Calculo del porcentaje de humedad del agregado grueso..... 220

TABLA N° 166: Cálculo del peso específico y absorción del agregado grueso ..... 221

TABLA N° 167: Cálculo del peso unitario suelto del agregado grueso ..... 223

TABLA N° 168: Cálculo del peso unitario compactado del agregado grueso ..... 223

TABLA N° 169: Calculo de la prueba de abrasión de los ángeles ..... 224

TABLA N° 170: Datos del agregado grueso ..... 225

TABLA N° 171: Datos del agregado fino estándar..... 226

TABLA N° 172: Resistencia a la compresión promedio ..... 227





TABLA N° 173: Consistencia y asentamientos ..... 227

TABLA N° 174: Requisitos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire para agregados ..... 228

TABLA N° 175: Relación agua- cemento y resistencia a compresión del concreto ..... 229

TABLA N° 176: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto..... 230

TABLA N° 177: Volúmenes absolutos ..... 231

TABLA N° 178: Pesos absolutos de agua, cemento, agregado grueso y fino ..... 232

TABLA N° 179: Peso corregido de los agregados grueso y fino..... 233

TABLA N° 180: Cálculo de balance de agua ..... 233

TABLA N° 181: Cálculo de contribución de agua ..... 233

TABLA N° 182: Dosificación final por metro cúbico ..... 234

TABLA N° 183: Dosificación final corregida por metro cúbico ..... 234

TABLA N° 184: Dosificación final por briquetera agregado de 1/2" ..... 235

TABLA N° 185: Dosificación final por briquetera agregado de 3/8" ..... 235

TABLA N° 186: Dosificación final por briquetera agregado de 1/4" ..... 235

TABLA N° 187: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/2" ..... 237

TABLA N° 188: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 3/8" ..... 237

TABLA N° 189: Revenimiento del agregado grueso homogéneo de 1/4" ..... 237

TABLA N° 190: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/2" ..... 238

TABLA N° 191: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 3/8" ..... 238

TABLA N° 192: Permeabilidad del concreto poroso con agregado de 1/4" ..... 239

TABLA N° 193: Coeficiente de infiltración con agregado grueso de 1/2" ..... 240

TABLA N° 194: Coeficiente de infiltración con agregado grueso de 3/8" ..... 240

TABLA N° 195: Coeficiente de infiltración con agregado grueso de 1/4" ..... 241

TABLA N° 196: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de huillque a los 7 días ..... 243

TABLA N° 197: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de huillque a los 14 días ..... 244

TABLA N° 198: Aceptación de briquetas para Concreto poroso de la cantera de huillque a los 28 días ..... 245

TABLA N° 199: Ruptura de concreto poroso a los 7 días cantera de huillque..... 246

TABLA N° 200: Ruptura de concreto poroso a los 14 días cantera de huillque..... 247

TABLA N° 201: Ruptura de concreto poroso a los 28 días cantera de huillque..... 248

TABLA N° 202: Resultados de permeabilidad muestras agregado de 1/2" ..... 250

TABLA N° 203: Resultados de permeabilidad promedio agregado de 1/2" ..... 251

TABLA N° 204: Comparación de permeabilidad muestras agregado de 3/8" ..... 252

TABLA N° 205: Comparación de permeabilidad promedio agregado de 3/8" ..... 253

TABLA N° 206: Comparación de permeabilidad muestras agregado de 1/4" ..... 254

TABLA N° 207: Comparación de permeabilidad promedio agregado de 1/4" ..... 255



TABLA N° 208: Comparación de resistencia promedio a los 7 días del concreto poroso con agregado de 1/2" .. 256

TABLA N° 209: Comparación de resistencia promedio a los 7 días del concreto poroso con agregado de 3/8" .. 257

TABLA N° 210: Comparación de resistencia promedio a los 7 días del concreto poroso con agregado de 1/4" .. 258

TABLA N° 211: Comparación de resistencia promedio a los 14 días del concreto poroso con agregado de 1/2" 259

TABLA N° 212: Comparación de resistencia promedio a los 14 días del concreto poroso con agregado de 3/8" 260

TABLA N° 213: Comparación de resistencia promedio a los 14 días del concreto poroso con agregado de 1/4" 261

TABLA N° 214: Comparación de resistencia promedio a los 28 días del concreto poroso con agregado de 1/2" 262

TABLA N° 215: Comparación de resistencia promedio a los 28 días del concreto poroso con agregado de 3/8" 263

TABLA N° 216: Comparación de resistencia promedio a los 28 días del concreto poroso con agregado de 1/4" 264

TABLA N° 217: Comparación de la evolución de la resistencia promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 1/2" 265

TABLA N° 218: Comparación de la evolución de la resistencia promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 3/8" 266

TABLA N° 219: Comparación de la evolución de la resistencia promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 1/4" 268

TABLA N° 220: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de machupicchu . 270

TABLA N° 221: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de abril ..... 271

TABLA N° 222: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de huillque . 272

TABLA N° 223: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 1/2" ..... 273

TABLA N° 224: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 3/8" .....274

TABLA N° 225: Comparación de la infiltración promedio del concreto poroso elaborado con agregado de 1/4" .....275

TABLA N° 226: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de machupicchu .....276

TABLA N° 227: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de abril..... 277

TABLA N° 228: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de huillque... 278

TABLA N° 229: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de 1/2" .....279

TABLA N° 230: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de 3/8" .....280

TABLA N° 231: Comparación de revenimiento del concreto poroso elaborado con agregado de 1/4" .....281

TABLA N° 232: Comparación de porcentaje de desgaste de los agregados ..... 282

TABLA N° 233: Comparación de las tres canteras a los 28 días resistencia máxima ..... 294

TABLA N° 234: Comparación del revenimiento de las tres canteras ..... 295

TABLA N° 235: Comparación de la infiltración de las tres canteras ..... 296

TABLA N° 236: Comparación de la permeabilidad de las tres canteras ..... 297

TABLA N° 237: Matriz de consistencia ..... 309

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Plaza de Armas de Cusco con charcos de agua de lluvia.....	2
FIGURA N° 02: Diferentes estados de saturación del agregado .....	31
FIGURA N° 03: Esquematación del peso volumétrico .....	35
FIGURA N° 04: Ensayo de revenimiento .....	46
FIGURA N° 05: Agitador mecánico de tamices. 1.....	73
FIGURA N° 06: Agitador mecánico de tamices 2.....	73
FIGURA N° 07: Serie de tamices estándar agregado grueso: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" .....	73
FIGURA N° 08: Balanza de precisión de 8000 gr. precisión de 0.1 gr .....	73
FIGURA N° 09: Balanza de precisión de 600 gr. precisión de 0.01 gr .....	74
FIGURA N° 10: Balanza de 40 kg. precisión de 5g. ....	74
FIGURA N° 11: Brocha de 3 pulgadas .....	74
FIGURA N° 12: Frasco volumétrico de 500 cm <sup>3</sup> .....	74
FIGURA N° 13: Briquetas (moldes) de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura .....	75
FIGURA N° 14: Briquetas (moldes) de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura .....	75
FIGURA N° 15: Pala de mano .....	75
FIGURA N° 16: Cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz n°4. ....	75
FIGURA N° 17: Mezcladora de concreto. ....	76
FIGURA N° 18: Cono de abrams.....	76
FIGURA N° 19: Barra compactadora de 5/8" de 60 cm con punta semiesférica.....	76
FIGURA N° 20: Barra compactadora de 1/4" de 30 cm con punta semiesférica.....	76
FIGURA N° 21: Martillo de goma .....	77
FIGURA N° 22: Flexo metro .....	77
FIGURA N° 23: Permeámetro .....	77
FIGURA N° 24: Equipo de compresión ACCUTEK 250 .....	77
FIGURA N° 25: Moldes para ruptura de briquetas de 10 cm diámetro.....	78
FIGURA N° 26: Vernier.....	78
FIGURA N° 27: Depósito de agua .....	78
FIGURA N° 28: Cilindros para almacenar el agregado .....	78
FIGURA N° 29: Baldes para almacenar el material tamizado .....	79
FIGURA N° 30: Manguera extensible c/pistola 15 m .....	79
FIGURA N° 31: Horno.....	79
FIGURA N° 32: Maquina de abrasión de los ángeles .....	79
FIGURA N° 33: Cuarteo de agregado grueso .....	80



FIGURA N° 34: Tamizado manual ..... 81

FIGURA N° 35: Secado de muestra en horno..... 85

FIGURA N° 36: Muestras de agregado 03 canteras (Abril, Machupicchu y Huillque respectivamente) ..... 89

FIGURA N° 37: Secado de agregado para determinar saturado superficialmente seco ..... 90

FIGURA N° 38: Secado de muestra en el horno ..... 90

FIGURA N° 39: Llenado de molde peso unitario sin compactar ..... 94

FIGURA N° 40: Chuseo de molde peso unitario compactado ..... 95

FIGURA N° 41: Peso de molde con agregado compactado ..... 95

FIGURA N° 42: Calibración de máquina de los ángeles..... 103

FIGURA N° 43: Ensayo de cono invertido ..... 107

FIGURA N° 44: Determinación de revenimiento..... 108

FIGURA N° 45: Equipo de permeabilidad e infiltración..... 114

FIGURA N° 46: Llenado de agua para determinar permeabilidad ..... 114

FIGURA N° 47: Briqueta colocada en máquina de compresión ..... 127

FIGURA N° 48: Falla de muestra, después de compresión ..... 128

FIGURA N° 49: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Machupicchu. .... 156

FIGURA N° 50: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Abril. .... 187

FIGURA N° 51: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Huillque..... 219

FIGURA N° 52: Resultados de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/2" ..... 250

FIGURA N° 53: Resultados de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/2" ..... 251

FIGURA N° 54: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 3/8" ..... 252

FIGURA N° 55: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 3/8" ..... 253

FIGURA N° 56: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/4" ..... 254

FIGURA N° 57: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/4" ..... 255

FIGURA N° 58: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2" .256

FIGURA N° 59: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8" .257

FIGURA N° 60: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4" .258

FIGURA N° 61: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"259

FIGURA N° 62: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"260

FIGURA N° 63: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"261

FIGURA N° 64: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"262

FIGURA N° 65: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"263

FIGURA N° 66: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"264

FIGURA N° 67: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2"265

FIGURA N° 68: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del C. Poroso elaborado con Agregado de 1/2" ... 266

FIGURA N° 69: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8"267



FIGURA N° 70: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del C. Poroso elaborado con Agregado de 3/8" ... 267

FIGURA N° 71: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4" 268

FIGURA N° 72: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4" ... 269

FIGURA N° 70: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Machupicchu 270

FIGURA N° 71: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Abril .....271

FIGURA N° 72: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Huillque 272

FIGURA N° 73: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2" .....273

FIGURA N° 74: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8" .....274

FIGURA N° 75: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4" .....275

FIGURA N° 76: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Machupicchu..... 276

FIGURA N° 77: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Abril..... 245

FIGURA N° 78: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Huillque . 246

FIGURA N° 79: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2" ..... 247

FIGURA N° 80: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8" ..... 248

FIGURA N° 81: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4" ..... 249

FIGURA N° 82: Comparación del porcentaje de Desgaste de los Agregados ..... 250



## 1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Identificación del Problema

#### 1.1.1. Descripción del Problema

En la ciudad del Cusco se desconoce las aplicaciones y propiedades del concreto poroso, ya que no es un concreto tradicional no se investiga mucho en nuestra zona, por otro lado la presencia de agua superficial en los estacionamientos, aceras, plazas, losas deportivas, etc.; repercute negativamente a las condiciones de servicio de los mismos. En nuestro medio existen 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.
- Si las obras de drenaje no evacuan el agua de las superficies de las aceras, pasos peatonales y estacionamientos puede ocasionar problemas de estancamiento de aguas en las estructuras ya mencionadas; dicho suceso deteriora tales obras viales, lo que implica costos de mantenimiento en las estructuras y al mismo tiempo dichos estancamiento en las superficies peatonales también pueden ser fuentes de vectores de enfermedades, como el dengue u otras enfermedades.
- Otro Problema que se puede percibir es el siguiente; Al Ejecutar la construcción de nuevas vías de acceso nuevas (carreteras, calle o caminos) se está reduciendo las superficie que tiene el suelo para infiltrar el agua lluvia (suelos impermeables) lo que ocasiona una disminución del nivel freático de los mantos acuíferos.

En vista del conjunto de problemáticas antes mencionada, y percibir que no existen pruebas ni estudio del concreto poroso con los agregados más comunes de la zona, es indispensable el estudio del mismo en nuestro medio. Y si en un futuro se desea emplear concreto poroso en la zona, existirá una investigación que indique ciertos



parámetros de cómo será el comportamiento del concreto poroso con un agregado ya sea de la cantera Machupicchu, Abril o Huillque.

Por lo tanto se ha considerado estudiar el concreto permeable como medida de atenuación a estos fenómenos; usando los agregados de la zona aplicándolos en la misma al sector ya dicho.

FIGURA N° 01: Plaza de Armas de Cusco con charcos de agua de lluvia



FUENTE: Registros Fotográficos Tesistas

## 1.1.2. Formulación Interrogativa del Problema

### 1.1.2.1. Formulación Interrogativa del Problema General

¿Cuál será la evaluación comparativa de la permeabilidad, resistencia a la compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu con las canteras de Abril y Huillque?



### 1.1.2.2. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos

#### **Problema Específico N°1:**

¿Cuáles serán las características comparativas físico mecánicas de los agregados del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque?

#### **Problema Específico N°2:**

¿Cuánto será el valor comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque a los 7, 14 y 28?

#### **Problema Específico N°3:**

¿Cuánto será el valor comparativo del revenimiento del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque?

#### **Problema Específico N°4:**

¿Cuánto será el valor comparativo del grado de permeabilidad del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque?

#### **Problema Específico N°5:**

¿Cuánto será el valor comparativo de la velocidad de infiltración del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque?





## **1.2. Justificación e Importancia del Problema**

### **1.2.1. Justificación Técnica**

Técnicamente es importante la investigación ya que propone un nuevo material que puede brindar alternativas del concreto tradicional para emplear el concreto poroso, esto fue posible ya que se evaluó el grado de permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP comparando los resultados con agregado homogéneo de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu, y agregado homogéneo de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Abril y Huillque, para la utilización de este concreto alternativo como aislante térmico y acústico, así como su aplicación en estacionamientos, plazas, parques, losas deportivas y zonas de bajo volumen de tránsito.

### **1.2.2. Justificación Social**

Esta investigación es importante porque promovería un nuevo aporte en lo que corresponde a alternativas a concretos tradicionales y el empleo del concreto poroso ayudará futuras investigaciones de alumnos de la Universidad Andina del Cusco en el mejoramiento de los servicios de transitabilidad; con áreas verdes regadas naturalmente drenadas de pavimentos con concreto porosos, por tanto podría llegar a tener un gran impacto ambiental positivo evitando la escorrentía superficial y el encharcamiento que genera gran incomodidad en la población, lo cual a su vez propondría una alternativa sostenible de tratamiento de aguas pluviales.

### **1.2.3. Justificación de la Viabilidad**

Esta investigación es viable, ya que este estudio en sí no tiene un alto costo en ser realizado, los agregados se pueden conseguir en la región gracias a las canteras que proporcionan agregado para investigación sin costo alguno excepto el de transporte, además es viable debido a que los ensayos, normativas y equipos necesarios para la investigación se encuentran dentro del laboratorio de Concreto de la Universidad Andina del Cusco, la misma que proporcionó el uso de los equipos y la realización de los ensayos.



#### 1.2.4. Justificación por Relevancia

La investigación a realizar justifica su relevancia debido a que no se tienen investigaciones realizadas para la zona del Cusco con este tipo de concreto, pudiendo variar sus características en la altura, para las que fue diseñado y para las que será empleado, y se obtendrá una base de diseño de concreto poroso para futuras investigaciones.

#### 1.3. Limitaciones de la Investigación

- La investigación se limita al estudio de concretos porosos fabricados con cemento portland tipo IP de la marca Yura.
- Se limita al uso de agregado grueso de tamaño de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.
- La investigación se limita al uso de briqueteras cilíndricas normalizadas de diámetro igual a 10 cm y altura de 20 cm.
- Se limita al uso de diseño de mezclas ACI 211,98-2. Hormigón Estructural Ligero, cambiando el peso de agregado fino de diseño por el mismo peso por agregado grueso.
- Se limita a la evolución de abrasión prueba de los ángeles
- Se limita a la evaluación del desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, para lo cual se utilizó el equipo de compresión Accutek 250 del Laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.
- Se limita a la evaluación de la permeabilidad e infiltración de las muestras cilíndricas con el uso de permeatro según norma ACI 522, R.
- Se limita a la utilización de agua Potable obtenida de la red pública brindada por la E.P.S. Seda Cusco.
- No se estudia el factor de sedimentación debido a que nuestra ciudad es alto por la presencia de estratos geológicos constituidos por limos y arcilla.



## 1.4. Objetivos de la Investigación

### 1.4.1. Objetivo General

Evaluar comparativamente la Permeabilidad, Resistencia a la Compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

#### Objetivo Específico N° 1:

Determinar cuáles serán las características comparativas físico mecánicas de los agregados del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.

#### Objetivo Específico N° 2:

Determinar cuánto será el valor comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque a los 7, 14 y 28 días.

#### Objetivo Específico N° 3:

Determinar cuánto será el valor comparativo del revenimiento de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.

#### Objetivo Específico N° 4:

Determinar cuánto será el valor comparativo del grado de permeabilidad del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.

#### Objetivo Específico N° 5:

Determinar cuánto será el valor comparativo de la velocidad de Infiltración del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.



## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis General

La evaluación de resultados al comparar el Grado de Permeabilidad, Resistencia a la Compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu son mayores que los resultados de la cantera de Abril y Huillque.

### 1.5.2. Sub Hipótesis

#### Sub Hipótesis N° 01:

Las características comparativas físico mecánicas de los agregados del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu son mayores que las canteras de Abril y Huillque.

#### Sub Hipótesis N° 02:

El valor de la resistencia a la compresión de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor que las canteras de Abril y Huillque a los 7, 14 y 28 días.

#### Sub Hipótesis N° 03:

El valor comparativo del Revenimiento de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor que los resultados de las canteras de Abril y Huillque.

#### Sub Hipótesis N° 04:

El valor del grado de permeabilidad del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor que las canteras de Abril y Huillque.

#### Sub Hipótesis N° 05:

El valor de la velocidad de infiltración del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor las canteras de Abril y Huillque.



## 1.6. Definición de Variables

### 1.6.1 Variable Independiente

#### X1: Agregado

**Descripción:** Se define los agregados como elementos inertes del concreto.

**Indicadores:** Kilogramo (kgf)

#### X2: Agua

**Descripción:** Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentre en la naturaleza en estados más o menos puro.

**Indicadores:** Litros (lt)

#### X3: Cemento Portland IP

**Descripción:** Se define cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que con adición de agua forman una pasta conglomerante capaz de endurecer.

**Indicadores:** Kilogramo (kgf)



### 1.6.2 Variable Dependiente

#### Y1: Resistencia a Compresión

**Descripción:** Esfuerzo máximo que soporta el concreto bajo una carga de aplastamiento.

**Indicadores:** Valor de la resistencia a la compresión en kgf/cm<sup>2</sup>.

#### Y2: Revenimiento

**Descripción:** Para determinar la consistencia y fluidez del concreto poroso.

**Indicadores:** Centímetros (cm)

#### Y3: Permeabilidad

**Descripción:** Permite la filtración del agua al subsuelo.

**Indicadores:** Mililitros por segundo (ml/s)

#### Y4: Infiltración

**Descripción:** Velocidad máxima con la que el agua penetra el concreto.

**Indicadores:** Litros por minuto por metro cuadrado (l/min/m<sup>2</sup>)



TABLA N° 1: Cuadro de Operacionalización de Variables

## 1.6.3 Cuadro De Operacionalización De Variables

<b>TIPO DE VARIABLE</b>	<b>DENOMINACIÓN DE LA VARIABLE</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE</b>	<b>NIVEL DE LA VARIABLE</b>	<b>INDICADOR</b>	<b>INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DEL INDICADOR</b>
Independiente	X1: Agregado	Se define los agregados como elementos inertes del concreto.	Cantera Machupicchu	- Kilogramo (kgf)	- Guías de investigación
			Cantera Abril		
			Cantera Huillque		
Independiente	X2: Agua	Sustancia líquida sin olor, color ni sabor que se encuentre en la naturaleza en estados más o menos puro.	Potable	- Litros (lt)	- Guías de observación de laboratorio, formatos de evaluación de la calidad y de sus propiedades físicas.
			No Potable		
Independiente	X3: Cemento	Se define cemento a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que con adición de agua forman una pasta conglomerante capaz de endurecer.	Portland IP	- Kilogramo (kgf)	- Guías de observación de laboratorio, formatos de evaluación de la calidad y de sus propiedades físicas.



Dependiente	Y1: Resistencia a compresión	Esfuerzo máximo que soporta el concreto bajo una carga de aplastamiento.	7 días	- kgf/cm <sup>2</sup>	- Guías de observación de laboratorio, formatos de resistencia a la compresión.
			14 días		
			28 días		
Dependiente	Y2: Revenimiento	Para determinar la consistencia y fluidez del concreto poroso.	20 cm	- Centímetros (cm)	- Guías de observación de laboratorio.
			30 cm		
			40 cm		
Dependiente	Y3: Permeabilidad	Permite la filtración del agua al subsuelo.	50 ml/s	- Mililitros por Segundo (ml/s)	- Guías de observación de laboratorio, formatos de evaluación de permeabilidad.
			100 ml/s		
			150 ml/s		
Dependiente	Y4: Infiltración	Velocidad máxima con la que el agua penetra el concreto.	500 l/min/m <sup>2</sup>	- Litros por Minuto por Metro Cuadrado (lt/min/m <sup>2</sup> )	- Guías de observación de laboratorio, formatos de evaluación de infiltración.
			750 l/min/m <sup>2</sup>		
			1000 l/min/m <sup>2</sup>		

FUENTE: Elaboración Propia





## 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Antecedentes

#### 3.1.1. Antecedentes a Nivel Nacional

Trabajo de Investigación: INVESTIGACIÓN EN CONCRETO POROSO

Autores: Calderón Colca, Yaneth Verónica  
Charca Chura, Juan Antonio

Institución: Universidad Nacional de San Agustín - ASOCEM

Lugar: Arequipa – Perú

Año: 2013

Resumen: Se analizará comparativamente los agregados de las canteras de Tinajones, Machahuaya y Reciclado para determinar cuál de estas canteras es la más eficiente para lograr un concreto permeable con características óptimas para su empleo en la ciudad de Arequipa - Perú.

Conclusión: El concreto poroso puede ser utilizado para la construcción de veredas, estacionamiento, ciclo vías y pavimentos de tráfico ligero ya que ofrece resistencias tanto a compresión y tensión para estas solicitaciones conservando un alta permeabilidad.



### 3.1.2. Antecedentes a Nivel Internacional

Tesis COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE UTILIZANDO AGREGADO GRUESO DE LAS CANTERAS, EL CARMEN, ARAMUACA Y LA PEDRERA, DE LA ZONA ORIENTAL DE EL SALVADOR

Autores: BARAHONA AGUILUZ, RENE ALEXIS  
MARTÍNEZ GUERRERO, MARLON VLADIMIR  
ZELAYA ZELAYA, STEVEN EDUARDO

Institución: Universidad de El Salvador

Lugar: San miguel, El Salvador

Año: 2013

Resumen: En el tema de investigación propuesto se verificará el comportamiento del concreto permeable al usar diferentes clases de agregado grueso; provenientes de las canteras Aramuaca, La Pedrera, El Carmen, e identificar como varían las propiedades del concreto con respecto al agregado y de esa manera seleccionar el concreto permeable más eficiente según su el agregado a usarse.

Conclusión: 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 a 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 lugares 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 mas inversión económica.



Tesis de Maestría: ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS CONCRETOS  
PERMEABLES CON AGREGADOS

Autores: Pérez Ramos, Daniel

Institución: Universidad Nacional Autónoma de México

Lugar: México D.F.

Año: 2009

Resumen: En esta Tesis se buscó la caracterización del concreto permeable considerando los requerimientos de los métodos de diseño de espesores de pavimentos más usados a nivel mundial, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA), donde una de las variables importantes que intervienen es el Módulo de Ruptura, y dado que el desgaste es el talón de Aquiles en los concretos permeables, caracterizaremos nuestras mezclas usando el Módulo de Ruptura y el ensayo Cantabro.

Conclusión: Las mezclas de concreto permeables, 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 como aceras, estacionamientos, etc.



Tesis de Maestría: CARACTERIZACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE USANDO EL MÓDULO DE RUPTURA Y EL PORCENTAJE DE DESGASTE.

Autores: Flórez Prieto, Juan Roberto

Institución: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Lugar: Morelia - México

Año: 2010

Resumen: En el manejo tradicional de las aguas pluviales, su escorrentía e infiltración, involucran la impermeabilización de las superficies de rodamiento y grandes colectores que intentan desalojar dichas aguas; en el manejo natural las superficies son permeables y permiten un porcentaje mayor de infiltración.

El concreto permeable es aquel que nos sirve como superficie de rodadura en pavimentos, de tal forma que permita la percolación de las aguas pluviales hacia las capas de la estructura del pavimento para su posterior manejo. Las capas de la estructura del pavimento se harán de tal forma que dicho tránsito pluvial no las afecte, es decir serán capas inertes a la presencia del agua.

Conclusión: El concreto permeable ya es una realidad en nuestro medio, el interés en este concreto radica en ser una solución a urbanizaciones sustentables sin olvidar la economía porque actúa filtrando el agua de escorrentía superficial que puede ser reutilizable para el riego de parques o áreas verdes de las mencionadas urbanizaciones sustentables.



### 3.2. Aspectos Teóricos Pertinentes

#### 3.2.1. Definición del Concreto

En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión.

(Sanchez de Guzman, 2001), pag.19

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado.

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este. El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida. Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 8.



El concreto hidráulico u hormigón, es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena y grava y en algunos casos de aditivos.

El concreto es una roca fabricada por el hombre, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con las características de economía, facilidad de colocación, velocidad de fraguado y apariencia adecuada según su aplicación.

El concreto presenta como las piedras naturales una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción (generalmente es el 10% de su resistencia a los esfuerzos de compresión) por lo cual se refuerza con varillas de acero, para que sean estas las que soporten tales esfuerzos (Concreto armado).

Se ha considerado que en la determinación de la calidad de concreto intervienen aproximadamente 200 variables de las cuales unas son inherentes al diseño y otras al proceso de fabricación; por lo anterior, la dosificación y producción del concreto es un trabajo complejo en el que se deben seguir las normas establecidas respecto a dosificación y calidad del agregado y proceso de fabricación; y en la medida en que se adapten

Tecnologías foráneas a las condiciones propias de la región, empleando materiales nativos y soluciones autóctonas, se ganara en economía.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 33.

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

Concreto = Cemento Portland + Agregado + Aire + Agua

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material homogéneo. Algunas veces añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.

(Abanto Castillo, 2009), pág. 11



### 3.2.2. Definición del Concreto Poroso

#### 3.2.2.1. Definición del Concreto Poroso

El concreto poroso es una mezcla de agregado grueso, cemento, agua, y poco a ninguna arena. También conocido como el hormigón "sin finos" o poroso, esta mezcla crea una estructura de célula abierta, permitiendo al agua de lluvia infiltrarse al suelo subyacente. Simulando la superficie de tierra natural, el hormigón permeable es excelente para la evacuación de agua de lluvia.

(Calderón Colca & Charca Chura, 2013), pág. 2.

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, poco o nada de agregado fino, agua y aditivos. La combinación de estos ingredientes producirá un material endurecido con poros conectados, que varían en tamaño de 2 a 8 mm, lo cual permite que el agua pase fácilmente a través de ellos.

El contenido de vacíos puede variar de 15% a 35%, y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>. La capacidad de drenaje de un pavimento de concreto permeable variará con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 L/min/m<sup>2</sup>.

(RAMOS P. D., 2009) pág. 6.

Se encuentra dentro del espectro de los materiales ecológicos, ya que permite la filtración del agua al subsuelo logrando así la restauración de los mantos acuíferos. El material es sumamente durable, no degradable e increíblemente resistente manteniendo sus características de permeabilidad.

(Zelaya Zelaya, Martinez Guerrero, & Barahona Aguiluz, 2013), pág. 20



### 3.2.2.2. Importancia del Concreto Poroso

La utilización correcta del concreto poroso es una práctica de Gerencia reconocida por la Agencia Americana de Protección del Ambiente (EPA) para proveer un control de polución “first – flush” y manejar el agua de lluvia. Debido a las regulaciones que limitan la escorrentía superficial del agua de lluvia, cada vez resulta más costoso para los propietarios desarrollar proyectos de bienes raíces, debido al gasto que implica los sistemas de drenaje.

El concreto poroso (permeable) reduce la escorrentía superficial en determinadas áreas, reduciendo así la necesidad de lagunas separadas de retención de agua de lluvia y permite el uso de un alcantarillado de menor capacidad. Esto permite a los propietarios desarrollar áreas de mayor tamaño a un costo menor.

El concreto poroso (permeable) también filtra de manera natural el agua de lluvia y reduce las cargas de polución que puedan entrar en los arroyos, lagunas y ríos. El concreto permeable funciona como una laguna de retención de agua de lluvia y permite que el agua de lluvia se infiltre en la tierra sobre un área mayor, facilitando la recarga de suministros de agua subterránea.

El concreto poroso puede de igual manera reducir el impacto del desarrollo en los árboles. Un pavimento de concreto permeable permite la transferencia de agua y aire a los sistemas y raíces dejando que los árboles florezcan incluso en las áreas altamente desarrolladas.

La isla de calor es un efecto urbano frecuente en todo tipo de pavimentos y concretos, el concreto poroso reduce el efecto de calor ya que está compuesto de vacío y no retiene el calor, dándonos confort al usuario.

Permeabilidad de suelos subyacentes con una capacidad mínima de 60 ml/s/m<sup>2</sup> de infiltración.

(NMRCA, 2000), pág.1





### **3.2.2.3. Requisitos de las Mezclas de Concreto (Poroso)**

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- a. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.
- b. La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.
- c. El costo de la unidad cubica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 8,9.

### **3.2.2.4. Hidratación y Curado del Concreto (Poroso)**

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables, y tiempo. Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 12.

### **3.2.2.5. Condiciones Especiales de Curado y Protección**

Aunque los requerimientos de curado para el concreto colado en climas extremadamente cálidos o fríos son los mismos que para temperaturas normales, las técnicas utilizadas para lograr los curados se vuelven más complejas. Las técnicas de curado y protección para ambos tipos de climas extremos se deben planear con mucha anticipación. Deben tomarse las medidas apropiadas en clima frío para proteger al concreto permeable contra congelamiento, al mismo tiempo que se mantiene la humedad por el tiempo necesario para lograr las propiedades físicas deseadas. Las láminas de curado son los suficientemente eficaces para servir a ambos propósitos.

(UNAM, 2010) pág. 68



### 3.2.2.6. Ventajas del Concreto Poroso

El concreto permeable que es utilizado en pisos y pavimentos, además de las diversas aplicaciones ya mencionadas anteriormente, presenta grandes ventajas sobre el concreto convencional, sus beneficios no solo son económicos y estructurales ya que también ayuda al medio ambiente.

Las ventajas que presenta el concreto permeable sobre el concreto convencional incluyen:

- Hidráulico del Agua en las ciudades, permitiendo inyectar agua pluvial a los mantos acuíferos.
- El control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que ésta se vaya por el drenaje y se mezcle con aguas negras.
- Eliminación o reducción de las dimensiones de las alcantarillas de aguas pluviales.
- Control del escurrimiento de aguas pluviales.
- Por utilizar un sistema de bases con material pétreo no existen deformaciones o baches.
- Por ser una estructura con el 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y el concreto hidráulico.
- Posibilidad de que el aire y el agua alcancen las raíces de los árboles, aún con el pavimento dentro del canal para riego de los árboles.

(NMRCA, 2000), pág. 4

### 3.2.2.7. Desventajas del Concreto Poroso

El concreto permeable presenta algunas desventajas, como son:

- Puede perder permeabilidad con el paso del tiempo, al taparse los espacios vacíos con material fino, pigmentos y por la caída de las hojas de los árboles por lo que se requiere de un mantenimiento a base de agua a presión y el uso de una aspiradora.
- Tiene una menor resistencia al desgaste que el concreto convencional, por lo que solo debe colocarse en zonas de tránsito ligero.



El éxito de los sistemas de pavimento permeable ha sido variado. Muchas fallas pueden atribuirse a la inexperiencia del contratista, a una compactación del suelo más alta que la especificada, y al diseño inapropiado según el sitio. Para que un pavimento de concreto permeable funcione exitosamente:

- Debe verificarse la permeabilidad de los suelos. Generalmente, se recomienda una capacidad de filtración mínima de 60 ml/s, y una capa de suelo de 1.2 m o más.
- El concreto poroso no debe ser puesto en servicio hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el concreto poroso haya sido estabilizada por medio de vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema, son esenciales los controles estrictos de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción o de formación de paisajes, y deben incorporarse al plan del manejo de las aguas pluviales en el sitio de la construcción.
- El tránsito debe ser dirigido hacia fuera del área del concreto poroso durante su construcción para evitar la compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de infiltración.
- El mantenimiento debe realizarse periódicamente.

(NMRCA, 2000), pág. 4

### 3.2.3. Cemento

En el sentido más amplio, la palabra cemento indica un material aglomerante que tiene propiedades de adherencia y cohesión, las cuales le permiten unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuadas.

En el medio de la construcción, y más específicamente en el de la fabricación de concreto para estructuras, es reconocido que al mencionar la palabra la palabra cemento, implícitamente esta se refiere a cemento portland, o cemento a base de portland, el cual tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua ya que con ella experimenta una reacción química.

(Sanchez de Guzman, 2001), pág. 27



Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. Quedan excluidas de esta definición las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 30.

### **3.2.3.1. Cemento Portland Puzolánico IP**

Es un producto fabricado a base de Clinker de alta calidad, puzolana natural de origen volcánico de alta reactividad y yeso. Esta mezcla es molida industrialmente en molinos de última generación, logrando un alto grado de finura.

Sus componentes y la tecnología utilizada en su fabricación, hacen que el Cemento Portland Puzolánico IP, tenga propiedades especiales que otorgan a los concretos y morteros cualidades únicas de alta durabilidad, permitiendo que el concreto mejore su resistencia e impermeabilidad y también pueda resistir la acción del intemperismo, ataques químicos (aguas saladas, sulfatadas, acidas, desechos industriales, reacciones químicas en los agregados, etc.), abrasión, u otros tipos de deterioro.

(Revista Yura, 2016) pág. 1

### **3.2.3.2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Cemento**

#### **3.2.3.2.1. Peso Específico**

La densidad o peso específico se define como la relación de peso a volumen; su valor varía entre 3,08 a 3,20 g/cm<sup>3</sup> para el cemento portland tipo I, pero el cemento que tiene adiciones tiene un peso específico menor porque el contenido de Clinker es menor.

El peso específico del cemento no indica la calidad del cemento, pero se emplea en el diseño y control de mezclas de concreto; sin embargo un peso específico bajo y una finura alta indican que el cemento tiene adiciones.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 42

### 3.2.3.2.2. Superficie Específica (Finura)

La finura del cemento es una de las propiedades físicas más importantes del cemento, ya que está directamente relacionada con la hidratación del mismo.

La hidratación de los granos de cemento ocurre del exterior hacia el interior; luego el área superficial de la partícula de cemento constituye el material de hidratación, y el tamaño de los granos (su finura) tiene gran influencia en la velocidad de hidratación, en el desarrollo de calor, en la retracción y en el aumento de resistencia con la edad.

Cuando el cemento es muy fino, endurece más rápidamente y por lo tanto desarrolla alta resistencia en menor tiempo; sin embargo libera mayor cantidad de calor y por ende aumenta la retracción y la susceptibilidad a la fisuración, además una molienda fina aumenta los costos de producción y hace que el cemento sea más susceptible a hidratarse con la humedad ambiental, por lo que su vida útil es más corta.

Un grano fino exuda menos que un grano grueso porque retiene mejor el agua al tener mayor superficie de hidratación.

La finura se expresa por el área superficial de las partículas contenidas en un gramo de cemento y se llama superficie específica; se mide en  $\text{cm}^2/\text{g}$ .

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 42.

### 3.2.3.2.3. Fraguado del Cemento

Al mezclar el cemento con el agua, se forma una pasta en estado plástico, en el cual la pasta es trabajable y moldeable, después de un tiempo que depende de la composición química del cemento, la pasta adquiere rigidez; es conveniente distinguir entre el fraguado y el endurecimiento, pues éste último se refiere al aumento de resistencia de una pasta fraguada. El tiempo que transcurre desde el momento en que se agrega el agua, hasta que la pasta pierde viscosidad y eleva su temperatura se denomina tiempo de "fraguado inicial", e indica que la pasta está semisólida y parcialmente hidratada.

Posteriormente la pasta sigue endureciendo hasta que deja de ser deformable con cargas relativamente pequeñas, se vuelve rígida y llega al mínimo de temperatura; el tiempo transcurrido desde que se echa el agua hasta que llega al estado descrito anteriormente se denomina "tiempo de fraguado final" e



indica que el cemento se encuentra aún más hidratado (no totalmente) y la pasta ya está sólida. A partir de este momento empieza el proceso de endurecimiento y la pasta ya fraguada va adquiriendo resistencia.

(Gutiérrez de López, 2003), págs. 42,43.

#### **3.2.4. Agregado**

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP, 400.011:(2013). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto.

Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de este, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 16.

Los agregados constituyen un factor determinante en la economía, durabilidad y estabilidad en las obras civiles, pues ocupan allí un volumen muy importante. Por ejemplo el volumen de los agregados en el concreto hidráulico es de un 65% a 85%, en el concreto asfáltico es del 92% al 96%, en los pavimentos del 75% al 90%.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 9.

Los agregados son partículas añadidas intencionalmente al concreto que ocupan un espacio rodeado por pasta de cemento, de tal forma, que en combinación con esta proporcionan resistencia mecánica, al mortero o concreto en estado endurecido y controlan los cambios volumétricos que normalmente tienen lugar durante el fraguado del cemento, así como los que se producen por las variaciones en el contenido de humedad de las estructuras.

(ASOCRETO, 2010), pág. 55.

### 3.2.4.1. Clasificación de los Agregados

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Se define como agregado fino a aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el Tamiz de 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200. El más usual de los agregados finos es la arena, definida como el producto resultante de la desintegración natural de las rocas. Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido en el Tamiz N° 4 y es proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas. El agregado grueso suele clasificarse en grava y piedra triturada o chancada.

La grava es el agregado grueso proveniente de la disgregación y abrasión natural de materiales pétreos. Se le encuentra generalmente en canteras y lechos de ríos depositado en forma natural. La piedra chancada, o piedra triturada, es agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas y gravas. Se define como hormigón, o agregado integral, al material conformado por una mezcla de arena y grava. Este material, mezclado en proporciones arbitrarias se da en forma natural en la corteza terrestre y se le emplea tal como se le extrae de la cantera.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 17

La siguiente tabla muestra la clasificación de los agregados según su tamaño

**TABLA N° 2 Clasificación Según su Tamaño**

TAMAÑO D LAS PARTÍCULAS EN mm	DENOMINACIÓN CORRIENTE	CLASIFICACIÓN
Pasante del tamiz N° 200 inferior a 0.002 mm	Arcilla	Fracción fina o finos
Entre 0,002-0,074mm	Limo	
Pasante del tamiz N° 4 y retenido en el tamiz N° 200 Es decir entre 4.76 mm y 0.0074 mm	Arena	Agregado fino
Retenido en el tamiz N° 4	Gravilla	Agregado grueso
Entre 4.76 mm y 19.1 mm (N° 4 y 3/4")	Grava	
Entre 19.1 y 50.8 mm (3/4" y 2")	Piedra	
Entre 50.8 mm y 152.4 mm (2" y 6")	Rajón, Piedra bola	
Superior a 152.4 mm (6")		

FUENTE: (Gutiérrez de López, 2003, pág. 22)





Se define como agregado fino a aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N°4, quedando retenido en el Tamiz N°200. Se define como agregado grueso a aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N°4.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000), pág. 172.

#### **3.2.4.2. Agregado Grueso**

Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N°4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 ó ASTM C33.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 182

#### **3.2.4.3. Características**

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 182.

#### **3.2.4.4. Granulometría**

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037:2014. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) o ASTM C33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 182,183





#### **3.2.4.5. Tamaño Máximo**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 el tamaño máximo del agregado grueso es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 183

#### **3.2.4.6. Tamaño Máximo Nominal**

De acuerdo a la Norma NTP 400.037 se entiende por tamaño máximo nominal al que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. El tamaño máximo nominal del agregado no deberá ser mayor de:

- a. Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados, ó
- b. Un tercio del peralte de las losas; ó
- c. Tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones, o ductos de presfuerzo.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 183

#### **3.2.4.7. Funciones del Agregado**

Las tres principales funciones del agregado en el concreto son:

- a. Proporcionar un relleno adecuado a la pasta, reduciendo el contenido de esta por unidad de volumen y, por lo tanto, reduciendo el costo de la unidad cúbica de concreto.
- b. Proporcionar una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas, de desgaste, o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado; o de calentamiento de la pasta.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 17



### 3.2.4.8. Propiedades Físicas del Agregado

#### 3.2.4.8.1. Granulometría

La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard, dispuestos de mayor a menor. Los tamices se disponen de acuerdo a la utilización. Así por ejemplo la serie de tamices que se usa para los agregados del concreto se ha escogido de tal forma que la abertura del tamiz esté en relación de 1 a 2 con la abertura del siguiente tamiz.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 18.

Es la composición, en porcentaje, de los diversos tamaños de agregado en una muestra. Esta proporción se suele indicar; de mayor a menor tamaño, por una cifra que representa, en peso, el porcentaje parcial de cada tamaño que pasó o quedó retenido en los diferentes tamices que se usan obligatoriamente para tal medición.

(ASOCRETO, 2010), pág. 64

El sistema usual de expresar la granulometría de un agregado es aquel en el cual las aberturas consecutivas de los tamices son constantemente dobladas. Con tal sistema y empleando una escala logarítmica se puede espaciar líneas a intervalos constantes para representar los tamaños sucesivos.

Normalmente la granulometría del agregado fino se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.

Normalmente la granulometría del agregado grueso se expresa en términos de los porcentajes retenidos en los Tamices ASTM 1/4"; 3/8"; 1/2"; 3/4"; 1"; 1 1/2"; y mayores.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 62,63



#### 3.2.4.8.2. Superficie Específica

Se define como superficie específica de una partícula de agregado al área superficial de la misma. La superficie específica de un conjunto de partículas es la suma de las áreas superficiales de las mismas. Se expresa en  $\text{cm}^2/\text{gr}$ .

Cuanto mayor es la superficie específica mayor el área superficial a ser cubierta con pasta y menor el diámetro de las partículas. El agregado fino siempre tiene una superficie específica alta, en tanto que la del agregado grueso suele ser bastante baja.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 168,169.

#### 3.2.4.8.3. Densidad Del Agregado

La densidad de los agregados depende tanto de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad, se requieren concretos con un peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concretos usuales.

Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción. Tales características, cuando ello fuere necesario, deberán ser confirmadas por ensayos de laboratorio.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 137.

Es una de las propiedades del agregado que depende directamente de la roca original de donde proviene y está definida como la relación entre la masa y el volumen de una masa determinada.

En el caso de los agregados que se utilizan para la elaboración de concreto, es necesario definir cuidadosamente el término densidad, puesto que generalmente entre sus partículas hay cavidades o poros que pueden estar vacíos, parcialmente saturados o llenos de agua dependiendo de la permeabilidad interna.

Por lo general, en los agregados pétreos de masa normal, la densidad oscila entre  $2.3 \text{ gr}/\text{cm}^3$  y  $2.8 \text{ gr}/\text{cm}^3$ , según la roca de origen.

(ASOCRETO, 2010), págs. 78,79.

#### 3.2.4.8.4. Porosidad del Agregado

La porosidad del agregado tiene influencia sobre la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad de las partículas, siendo todas estas propiedades menores conforme aumenta la porosidad del agregado.

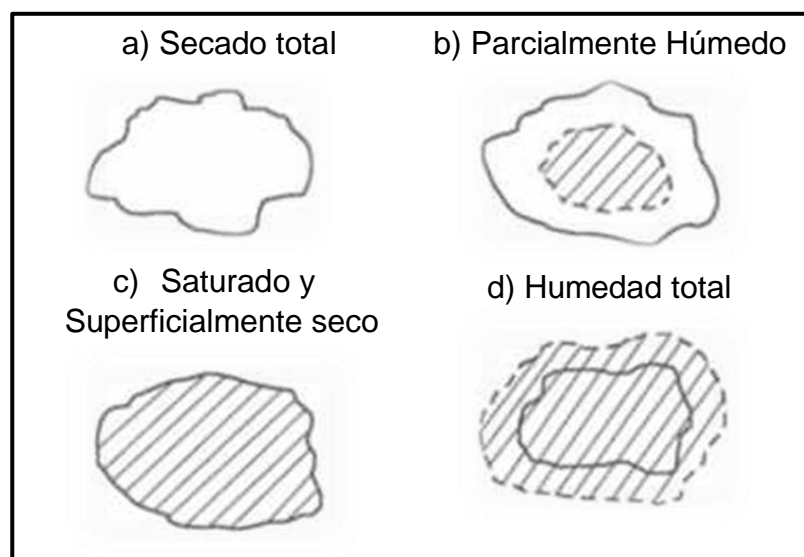
Igualmente, las características de los poros determinan la capacidad y velocidad de absorción, la facilidad de drenaje, el área superficial Interna de las partículas, y la porción de su volumen de masa ocupado por materia sólida.

(Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, pág. 138).

La porosidad del agregado es una cualidad muy importante, directamente relacionada con la adherencia y resistencia a la compresión y flexión de las partículas, así como a su comportamiento frente a problemas de congelamiento, deshielo e intemperismo.

La porosidad está asociada a la capacidad de absorción de agua u otro líquido que tienen los agregados, capacidad que depende del número y tamaño de los poros y de la continuidad de los mismos. Según su contenido de humedad, las partículas que conforman un agregado pueden estar en los siguientes estados que muestra la siguiente figura.

FIGURA N° 02: Diferentes estados de saturación del agregado



FUENTE: (Gutiérrez de López, 2003, pág. 22)



En el caso 1, el material está seco, es decir, no tiene ni agua de absorción ni agua libre, sólo tiene el agua adsorbida, es decir el agua de constitución mineralógica, estado que se obtiene sólo cuando el material ha estado en el horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas o hasta que tenga peso constante.

En el caso 2 el material tiene alguna humedad, es decir los poros tienen agua absorbida; es el caso del material al medio ambiente.

En el caso 3 el material tiene todos los poros saturados pero está superficialmente seco. Este estado se logra cuando el material ha sido sumergido mínimo 24 horas y se seca superficialmente.

En el caso 4, el material está saturado y posee agua libre que da a las partículas una película brillante.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 22.

#### 3.2.4.8.5. Absorción

Se entiende por absorción, al contenido de humedad total interna de un agregado que está en la condición de saturado superficialmente seco.

La capacidad de absorción del agregado se determina por el incremento de peso de una muestra secada al horno, luego de 24 horas de inmersión en agua y de secado superficial, Esta condición se supone representa la que adquiere el agregado en el interior de una mezcla de concreto.

Se entiende por absorción efectiva al volumen de agua necesario para traer un agregado de la condición de secado al aire, o semi seco, a la condición de saturado superficialmente seco.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 158,159.

Para determinar la absorción en agregados gruesos:

$$\% AB = \frac{P_{ss} - P_s}{P_s} \times 100$$

$P_{ss}$  = Peso saturado y superficialmente seco

$P_s$  = Peso seco.

(Gutiérrez de López, 2003, pág. 22)



#### **3.2.4.8.6. Contenido de Humedad**

En los cálculos para el proporcionamiento del concreto se considera al agregado en condición de saturado superficialmente seco, es decir, con todos sus poros abiertos llenos de agua y libre de humedad superficial. Esta situación, que no es correcta en la práctica, conviene para fines de clasificación. Si el agregado está saturado y superficialmente seco no puede absorber ni ceder agua durante el proceso de mezcla. Sin embargo, un agregado parcialmente seco resta agua, mientras que el agregado mojado, superficialmente húmedo, origina un exceso de agua en el concreto. En estos casos es necesario reajustar el contenido de agua, a fin que el contenido de agua resulte el correcto. El contenido de humedad o agua total del agregado es la diferencia entre el estado actual de humedad del mismo y el estado seco (Rivva Lopez, 2000), pág. 159

#### **3.2.4.8.7. Humedad Superficial**

Se entiende por humedad superficial, o agua libre, a la diferencia entre los estados saturado o húmedo y el estado saturado superficialmente seco. La humedad superficial o agua libre es aquella con la que contribuirá el agregado al agua de la mezcla.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 159.

#### **3.2.4.8.8. Peso Unitario**

Se denomina peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, el peso que alcanza un determinado volumen unitario.

Generalmente se expresa en kilos por metro cúbico del material. Este valor es requerido cuando se trata de agregados ligeros o pesados y en el caso de dosificarse el concreto por volumen.

El peso unitario está influenciado por:

- Su gravedad específica.
- Su granulometría.
- Su perfil y textura superficial.
- Su condición de humedad.
- Su grado de compactación de masa.



El peso unitario varía con el contenido de humedad. En el agregado grueso incrementos en el contenido de humedad incrementan el peso unitario. En el agregado fino incrementos más allá de la condición de saturado superficialmente seco pueden disminuir el peso unitario debido a que la película superficial de agua origina que las partículas estén juntas facilitando la compactación con incremento en el volumen y disminución del peso unitario.

El fenómeno anterior, conocido como esponjamiento, es de pequeña importancia si el agregado va a ser dosificado en peso. Si se dosifica en volumen, el esponjamiento debe ser tomado en cuenta cuando varía el contenido de humedad.

Las granulometrías sin deficiencias o exceso de un tamaño dado generalmente tienen un peso unitario más alto que aquellas en las que hay preponderancia de un tamaño dado en relación a los otros.

Cuanto más alto el peso específico para una granulometría dada mayor el peso unitario del concreto. La baritina, espato pesado, hematita, biotita, geotita, heulandita, pueden dar pesos unitarios mayores de 4,500 kg/m<sup>3</sup>.

Los agregados redondeados de textura suavizada tienen, generalmente, un peso unitario más alto que las partículas de perfil angular y textura rugosa, de la misma composición mineralógica y granulometría.

El peso unitario de los agregados en los concretos de peso normal, entre 2200 y 2400 kg/m<sup>3</sup>, generalmente varía entre 1500 y 1700 kg/m<sup>3</sup>.

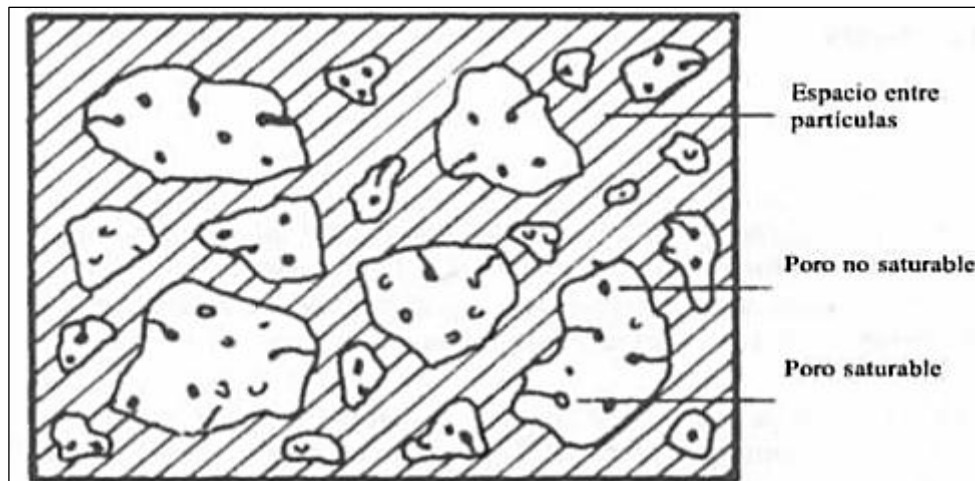
(Rivva Lopez, 2000), pág. 152.

El peso unitario se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan estas partículas agrupadas dentro de un recipiente de volumen conocido. Es decir, el material dentro del recipiente sufre un acomodo de las partículas dejando el menor espacio entre ellas; el mayor peso unitario se tendrá cuando quepa más material dentro del mismo volumen, lo que depende naturalmente de la granulometría, tamaño, forma y textura del agregado.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 23.



FIGURA N° 03: Esquematización del peso volumétrico



FUENTE: (Gutiérrez de López, 2003, pág. 23)

A partir del conocimiento del peso unitario del agregado se puede:

- Calcular el contenido de vacíos.
- Clasificar a los agregados en livianos, normales y pesados.
- Tener una medida de la uniformidad del agregado.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 153.

El peso unitario compactado se define como el peso compactado del material dividido entre el volumen que ocupa. El valor de la masa unitaria compactada se utiliza para determinar el volumen absoluto de agregado grueso en las mezclas de concreto. (Gutiérrez de López, 2003), pág. 23.

El peso unitario suelto es la relación que existe entre el peso del agregado suelto o en estado normal de reposo y el volumen que ocupa. El peso unitario suelto es menor que el peso unitario compactado porque el material en estado suelto ocupa un volumen mayor.

En el manejo del material se debe tener en cuenta el peso unitario suelto por cuanto el transporte se hace en volumen y en estado suelto, y por lo tanto el volumen del agregado para transportar y almacenar siempre es mayor que el volumen del material colocado y compactado en la obra.

(Gutiérrez de López, 2003), págs. 23,24.





### **3.2.4.8.9. Limpieza**

Los elementos contaminantes de los agregados actúan sobre el concreto reduciendo su resistencia, modificando la durabilidad y dañando la apariencia externa. Adicionalmente pueden alterar el proceso de mezclado al incrementar la demanda de agua o retrasar el proceso de mezclado.

La mayoría de los agregados presentan algún grado de contaminación, pero la norma determina el porcentaje máximo admisible. Los excesos pueden eliminarse fácilmente mediante el proceso de lavado, como sucede con los materiales finos ligeros.

Se considera que en el agregado pueden presentarse cuatro clases de sustancias inconvenientes que pueden afectar o modificar las propiedades del concreto:

- Impurezas Orgánicas.
- Revestimientos.
- Sales.
- Elementos Reactivos.

(Rivva Lopez, 2000), 2000, pág. 148.

#### **3.2.4.8.9.1. Volumen Absoluto**

Se define como volumen absoluto, volumen sólido, o volumen de sólidos, al espacio ocupado por las partículas de un material sin considerar sus vacíos internos o externos. El volumen absoluto de una masa de agregados es la suma de los volúmenes absolutos de todas sus partículas.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 156.

#### **3.2.4.8.9.2. Contenido De Vacíos**

Con respecto a la masa de agregado, el término “vacíos” se refiere a los espacios no ocupados entre las partículas de agregado. Puede decirse que este valor es la diferencia entre el volumen bruto o volumen total de la masa de agregado y el espacio realmente ocupado por las partículas.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 157).

### 3.2.4.9. Propiedades Mecánicas del Agregado

#### 3.2.4.9.1. Resistencia del Agregado

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 kg-f/cm<sup>2</sup>.

La textura, estructura y composición de las partículas de agregado influyen sobre la resistencia de este, la cual disminuye si sus granos constituyentes no están bien cementados unos a otros o si están compuestos de partículas inherentemente débiles.

La resistencia a la trituración o compresión del agregado deberá ser tal que permita desarrollar totalmente la resistencia potencial de la matriz cementante. Ello no es problema dado que, en la actualidad, la resistencia del agregado suele ser más alta que la del concreto preparado con él, estando la resistencia del primero dentro de valores del orden de 700 a 3500 kg-f/cm<sup>2</sup>.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 139.

Al emplear los agregados en obras de ingeniería, tal es el caso de concretos hidráulicos, la resistencia de éstas, se relaciona directamente con la resistencia del agregado, resistencia estrechamente relacionada con la estructura de los granos de la partícula, o con el proceso de trituración y explotación; algunos procedimientos inadecuados induce previamente fallas en las partículas.

Según su resistencia a la compresión simple, la roca se puede clasificar así:

**TABLA N° 3 Resistencia del Agregado**

DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE (Kg-f/cm <sup>2</sup> )
Resistencia muy alta	>2250
Resistencia alta	1120 - 2250
Resistencia media	560 - 1120
Resistencia baja	280 - 560
Resistencia muy baja	<280

FUENTE: (Gutiérrez de López, 2003, pág. 25)

El agregado grueso, en mayor medida que el fino, va a resultar relacionado con el comportamiento de las resistencias del concreto, por su aporte en tamaños de grano dentro de la masa de la mezcla. En tal sentido, una de las posibilidades de ruptura de la masa es por medio del agregado grueso (las otras son por la pasta y por la interface de contacto entre pasta y agregado). De esta manera, la resistencia de los agregados cobra importancia y se debe buscar que este nunca falle antes que la pasta de cemento endurezca. (ASOCRETO, 2010), pág. 82.

#### **3.2.4.9.2. Tenacidad Del Agregado**

La tenacidad es la resistencia que ofrece el agregado al impacto, y tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles al impacto pueden alterar su granulometría y por consiguiente la calidad de la obra. (Gutiérrez de López, 2003), pág. 25.

La tenacidad o resistencia a la falla por impacto es una propiedad que depende de la roca de origen y se debe tener en cuenta ya que tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles ante las cargas de impacto, se puede alterar su granulometría y también disminuir la calidad del concreto que con ellos se elabore. (ASOCRETO, 2010), pág. 83.

#### **3.2.4.9.3. Adherencia del Agregado**

La adherencia del agregado es una característica importante, porque la resistencia y durabilidad de estos concretos depende en gran parte del poder de aglutinamiento del agregado con el material cementante (pasta de cemento o asfalto). La adherencia del agregado depende de la forma, textura y tamaño de las partículas. (Gutiérrez de López, 2003), pág. 25.

Se conoce con el nombre de adherencia la interacción que existe en la zona de contacto agregado-pasta, la cual es producida por fuerzas de origen fisicoquímico. Entre más adherencia se logre entre la pasta de cemento endurecida y los agregados, mayor será la resistencia del concreto.

La adherencia depende de la calidad de la pasta de cemento y, en gran medida, del tamaño, forma, rigidez y textura de las partículas del agregado,



especialmente cuando se trata de resistencia a flexión. Hoy en día, no se conoce ningún método que permita medir la buena o mala adherencia de los agregados, pero es claro que aumenta con la rugosidad superficial de las partículas. (ASOCRETO, 2010), pág. 83.

#### **3.2.4.9.4. Dureza del Agregado**

Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión, abrasión o, en general, el desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las mejores rocas a emplear en concretos que deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión, figuran el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas.

La determinación de la dureza de un agregado se hace sometiéndolo a un proceso de desgaste por abrasión. El ensayo más empleado es el conocido como el Método de Los Ángeles, realizado de acuerdo con lo especificado en la Norma ASTM C 131. Este método combina procesos de desgaste por abrasión y frotamiento.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 135.

Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario. Los agregados empleados en carreteras, y pisos, deben ser especialmente resistentes al desgaste.

La dureza del agregado depende de su constitución mineralógica y de su procedencia.

(Gutiérrez de López, 2003), págs. 25,26.

Propiedad que depende de la constitución mineralógica, la estructura y la procedencia del agregado. En la elaboración de concretos sometidos a elevadas tasas de desgaste por roce o abrasión, como aplicaciones en pavimentos o revestimientos de canales, la dureza del agregado grueso es una propiedad decisiva para la selección de los materiales.

(ASOCRETO, 2010), págs. 81,82.



### **3.2.5. Agua**

El agua es un componente esencial en las mezclas de concreto y mortero, pues permite que el cemento desarrolle su capacidad ligante. Para cada cuantía de cemento existe una cantidad de agua del total de la agregada que se requiere para la hidratación del cemento; el resto del agua sólo sirve para aumentar la fluidez de la pasta para que cumpla la función de lubricante de los agregados y se pueda obtener la manejabilidad adecuada de las mezclas frescas. El agua adicional es una masa que queda dentro de la mezcla y cuando se fragua el concreto, va a crear porosidad, lo que reduce la resistencia, razón por la que cuando se requiera una mezcla bastante fluida no debe lograrse su fluidez con agua, sino agregando aditivos plastificantes.

El agua utilizada en la elaboración del concreto y mortero debe ser apta para el consumo humano, libre de sustancias como aceites, ácidos, sustancias alcalinas y materias orgánicas.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 46.

#### **3.2.5.1. Agua de Lavado de Agregados**

Es la utilizada durante el proceso de trituración, para retirar impurezas y exceso de finos presentes en los conglomerantes de los que provienen, así como las partículas muy finas formadas durante la trituración.

Debe ser lo suficientemente limpia como para no introducir contaminación a los materiales procesados, como puede ser exceso de partículas en suspensión, especialmente materia orgánica o sales, que posteriormente afectan la calidad del concreto producido con estos.

(ASOCRETO, 2010), pág.48.

#### **3.2.5.2. Agua de Mezclado o Amasado**

Se adiciona junto con los agregados y el cemento. Se necesita éste último para producir una pasta hidratada con fluidez tal, que permita la lubricación adecuada de la mezcla de concreto cuando se encuentre en estado plástico,

esta pasta va estructurándose de forma diferente para producir el gel de cemento.

Dependiendo de la cantidad de agua adicionada la fluidez de la pasta será mayor o menor, y al endurecerse una cantidad del agua quedará fija como parte de la estructura y otra permanecerá como agua libre. Si la medida de agua de mezclado aumenta, la parte fija es la misma y por consiguiente el agua libre aumenta, con lo cual se aumenta la porosidad, debido a que con el tiempo, esta agua libre se evapora dejando unos pequeños conductos en el interior del concreto endurecido. Con este aumento se disminuye la resistencia y el concreto se hace más permeable. De ahí la importancia del control de la cantidad de agua utilizada en la mezcla.

(ASOCRETO, 2010), pág. 48.

### **3.2.5.3. Agua de Curado**

Una vez el concreto ha fraguado, es necesario el suministro de agua para garantizar la completa hidratación del grano de cemento, esta agua adicionada depende de la temperatura y humedad del ambiente donde se encuentre el concreto, ya que a menor humedad relativa, la evaporación es mayor. El objeto del curado es mantener el concreto saturado, o lo más próximo posible a la saturación, hasta que los espacios que inicialmente estaban saturados de agua se llenen hasta un nivel deseado con los productos de la hidratación del cemento.

(ASOCRETO, 2010), págs. 48,49.

### **3.2.6. Propiedades del Concreto (Poroso)**

#### **3.2.6.1. Propiedades del Concreto en Estado no Endurecido**

##### **3.2.6.1.1. Trabajabilidad**

Se define a la trabajabilidad como a la facilidad con la cual una cantidad determinada de materiales puede ser mezclada para formar el concreto, y luego este puede ser, para condiciones dadas de obra, manipulado, transportado y colocado con un mínimo de trabajo y un máximo de homogeneidad.



El concreto deberá serlo suficientemente trabajable para que con los encofrados, cantidad y espaciamiento del refuerzo, procedimiento de colocación, y técnicas de consolidación utilizados, se pueda llenar completamente todos los espacios alrededor del refuerzo y permitir que la masa fluya en las esquinas y contra la superficie de los encofrados a fin de lograr una masa homogénea sin una inconveniente separación de los ingredientes, o presencia de aire atrapado, burbujas macroscópicas, o bolsas de agua en el concreto.

La trabajabilidad del concreto está determinada, entre otros factores, por las características, granulometría, y proporción de los agregados fino y grueso.

Por cuanto dichos factores regulan la cantidad de agua necesaria para producir un concreto trabajable.

En relación con lo anterior es conveniente recordar que el procedimiento para la selección de las proporciones de la mezcla indicado en la recomendación (ACI-211.3R, 2000) señala que el volumen suelto de agregado grueso estimado para un metro cúbico de concreto depende del peso unitario seco varillado el cual, a su vez, depende de la granulometría y perfil de las partículas de agregado que influyen en el porcentaje de vacíos, y de la gravedad específica de las partículas. Adicionalmente, el factor agregado grueso es dependiente del tamaño máximo de éste y del módulo de fineza del agregado fino. Así, cuanto más fina es la arena menos cantidad de ella es requerida y más agregado grueso puede ser empleado para una trabajabilidad comparable. (Rivva López, Naturaleza y Materiales del Concreto, 2000, págs. 205,206).

La manejabilidad o trabajabilidad es una propiedad del concreto fresco que se define como su capacidad para ser colocado, compactado adecuadamente y para ser terminado sin segregación ni exudación; la manejabilidad va asociada al término plasticidad, definida como la propiedad del concreto fresco que le permite dejarse moldear y cambiar lentamente si se saca del molde.

No debe confundirse la manejabilidad con la consistencia o fluidez, relacionada ésta con el estado de la mezcla seca (dura) o fluida (blanda), es decir, se refiere al grado de humedad de la mezcla.



Dentro de ciertos límites las mezclas fluidas o húmedas son más manejables que las secas, pero dos mezclas que tengan la misma consistencia no son igualmente manejables; para ello deben tener el mismo grado de plasticidad. (Gutiérrez de López, 2003), pág. 51.

Es aquella que determina cual es el trabajo utilizado en vencer la fricción entre los componentes del concreto, y entre este y el encofrado o refuerzo, para lograr una compactación adecuada. En otras palabras, es la capacidad que él tiene para ser colocado y compactado apropiadamente sin que se produzca segregación alguna.

(ASOCRETO, 2010), pág. 100.

- **Acción del Agregado Grueso**

En relación con el perfil del agregado grueso, está demostrado que la piedra partida, cuando se la compara con agregado de perfil redondeado, requiere mayor cantidad de agregado fino para compensar el perfil angular de las partículas, en orden a obtener una mezcla comparable en trabajabilidad a aquellas en las que se emplea grava.

Los cambios de angulosidad del agregado tienen un efecto más importante sobre la trabajabilidad que los que pueden presentarse en el espesor de aquel y, en general, un incremento en la angulosidad conduce a una reducción en la trabajabilidad.

El empleo de partículas de perfil chato y alargado obliga, por su mayor área superficial, a diseñar mezclas más ricas en agregado fino y, por tanto, a emplear mayores cantidades de cemento y agua. Si este tipo de partículas se encuentran en el conjunto en un porcentaje moderado, no mayor del 5%, no tienen efecto importante sobre la trabajabilidad.

Altos porcentajes de confitillo, piedra de 3/8" a 3/16", producen un incremento en los vacíos entre las partículas de agregado el cual, si no se modifica la dosificación de la mezcla, da por resultado una importante disminución en la





trabajabilidad al ser el mortero insuficiente para llenar el exceso de vacíos y cubrir con pasta la mayor área superficial.

Si bien, aparentemente, no existe una relación entre la textura superficial del agregado y la trabajabilidad del concreto es evidente que, para un mismo contenido de pasta, cuanto menos rugosa sea la superficie del agregado mayor será la facilidad de deslizamiento. Igualmente, la limpieza del agregado, por su menor demanda de agua, ha de favorecer a la trabajabilidad de la mezcla.

Existe relación entre la capacidad de absorción del agregado y la trabajabilidad dado que los agregados altamente porosos, al tomar más agua de la mezcla, tienden a aumentar su consistencia y disminuir su trabajabilidad. Aunque la trabajabilidad del concreto es función de las características del encofrado que lo va a recibir y del contenido de acero del mismo, es evidente que el agregado juega un papel importante en el logro de esta.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 207

### **3.2.6.1.2. Consistencia**

- **Consideraciones Generales**

La consistencia es una propiedad que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose por ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Una mezcla trabajable para pavimentos puede tener una alta consistencia que la hace difícil de trabajar en columnas o placas. Inversamente, una mezcla cuya consistencia la hace adecuada para vigas o columnas puede ser excesivamente trabajable para estructuras masivas.



La consistencia de una mezcla es función de su contenido de agua y de la granulometría y características físicas del agregado, las que determinan la cantidad de agua necesaria para alcanzar una consistencia determinada.

Usualmente la consistencia de una mezcla se define por el grado de asentamiento de la misma. Corresponden los menores asentamientos a las mezclas más secas y los mayores a las consistencias fluidas.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 208,209.

- **Importancia del Agregado**

Para un mismo contenido de pasta, el empleo de agregados de perfil esférico tiende a disminuir la consistencia. Igualmente, el empleo de partículas de agregado grueso de textura superficial suavizada permite obtener mezclas menos consistentes.

Las partículas recubiertas de polvo, o con costras o incrustaciones superficiales, aumentan la consistencia debido a la mayor demanda de agua con la consiguiente disminución en la trabajabilidad al tomar el agregado agua de la mezcla.

Los agregados secos o altamente porosos pueden aumentar la consistencia, haciendo la mezcla más seca, por reducción en la cantidad de agua disponible para la mezcla.

(Rivva Lopez, 2000), pág.209.

- **Importancia de la Granulometría**

Agregados adecuadamente graduados permiten seleccionar proporciones de fino y grueso que den una consistencia adecuada. Algunos criterios a ser considerados en la selección de la granulometría del agregado pueden ser los siguientes:

- a. Desde el punto de vista de la consistencia no existen granulometrías ideales.
- b. El efecto de la granulometría sobre la consistencia no es constante ya que depende de los contenidos de cemento y agua de la mezcla.

- c. La granulometría seleccionada debe dar la consistencia elegida con el menor contenido de agua.
- d. Si la granulometría del agregado se modifica disminuyendo la superficie específica, la consistencia de la mezcla tiende a disminuir.
- e. Si se modifica la granulometría del agregado pero se mantiene la superficie específica, la consistencia no es afectada.

- **Método Para Medir la Consistencia (Revenimiento)**

Entre los métodos más simples se encuentran el ensayo de asentamiento para medir la consistencia o fluidez de una mezcla fresca de concreto con tamaño máximo de agregado grueso inferior a dos pulgadas.

Ensayo del cono invertido – Métodos de prueba alternativos (ASTM C09.49, 2011)

Uno de los métodos alternativos en este tipo de concreto es el del cono invertido, en donde, se utiliza el Cono de Abrahams invertido Fig.3 (b). El procedimiento consiste en llenar el cono sin realizar ningún tipo de compactación, para luego ser enrasado y levantado haciendo que el concreto pase por la abertura la más corta de cono, para luego medir la altura con una regla y tomar el diámetro provocado por el concreto (Calderón Colca & Charca Chura, 2013), pag. 6

FIGURA N° 04: Ensayo de revenimiento



REFERENCIA: (Calderón Colca & Charca Chura, 2013), pág. ,6



#### **3.2.6.1.3. Cohesividad**

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto.

(Rivva Lopez, 2000), págs.211, 212.

#### **3.2.6.1.4. Segregación**

La segregación es definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero.

Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 210.

La segregación es la separación de los materiales que constituyen una mezcla de concreto.

Entre los principales factores que producen segregación están la diferencia en tamaño de las partículas y la mala distribución granulométrica de los agregados. Otras causas se refieren a los inadecuados procesos del concreto: mezclado, transporte, colocación y compactación.

La segregación se produce de dos formas: las partículas gruesas tienden a separarse de las otras por acción de la gravedad, esto ocurre generalmente con mezclas secas y poco plásticas. La otra forma es la separación de la pasta (cemento y agua) lo que ocurre con mezclas muy fluidas.

(Gutiérrez de López, 2003), págs. 51,52



#### 3.2.6.1.5. Exudación

La exudación es definida como la elevación de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie, generalmente debido a la sedimentación de los sólidos. El proceso se inicia momentos después que el concreto ha sido colocado y consolidado en los encofrados y continua hasta que se inicia el fraguado de la mezcla, se obtiene máxima consolidación de sólidos, o se produce la ligazón de las partículas.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 211.

#### 3.2.6.1.6. Contenido de Aire

Este elemento está presente en todos los tipos de concreto, localizado en los poros no saturables de los agregados y formando burbujas entre los componentes del concreto, bien sea porque es atrapado durante el mezclado o al ser intencionalmente incorporado por medio del uso de agentes inclusores, tales como cementos o aditivos incorporados de aire.

El contenido de aire de un concreto sin agentes inclusores normalmente está entre el 1% y el 2% del volumen de la mezcla, mientras que en un concreto con inclusores pueden obtenerse contenidos de aire entre el 4% y el 8%.

Los factores que afectan la cantidad de aire en el concreto son dos: uno es la cantidad de material pasa tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200) y el segundo es la materia orgánica. Por un lado, el contenido de material pasa tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N° 200), particularmente en forma de arcilla, puede reducir el contenido de aire en el concreto, y cuando existe materia orgánica contenida en algunos agregados, puede ayudar a atrapar burbujas de aire que son indeseadas y aumentar la capilaridad del concreto.

El uso de agregado grueso o fino «sucio» es la variable más importante para causar variaciones en el contenido de aire.

(ASOCRETO, 2010), págs. 111,112.



### **3.2.6.2. Propiedades del Concreto en Estado Endurecido**

#### **3.2.6.2.1. Permeabilidad**

La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua.

(Construcción y Tecnología en Concreto, 2016), pág. 2

#### **3.2.6.2.2. Porosidad**

La porosidad es una medida de los espacios vacíos entre los agregados. La condición para que un concreto sea permeable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%.

(Construcción y Tecnología en Concreto, 2016), pág. 2

#### **3.2.6.2.3. Resistencia**

La resistencia es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por el concreto sin romperse. La resistencia en compresión se utiliza como índice de la calidad del concreto. En pavimentos suele utilizarse la resistencia en flexión. La resistencia al corte no se utiliza.

Por su propia naturaleza, la resistencia del concreto no puede ser mayor que la de sus agregados. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los concretos convencionales dista mucho de la que corresponde a la mayoría de las rocas empleadas como agregado, las mismas que se encuentran por encima de los 1,000 kg-f/cm<sup>2</sup>. Por esta razón no se ha profundizado el análisis de la influencia del agregado en la resistencia del concreto.

Lo expresado anteriormente es de fácil comprobación, si se observa la fractura de los especímenes de concreto sometidos a ensayos de compresión. En ellos, la rotura se presenta en el mortero o en la zona de adherencia con el agregado grueso y, por excepción, en los agregados descompuestos o alterados.

(Rivva Lopez, 2000), págs. 232,233.



El concreto como material estructural se diseña para que tenga una determinada resistencia. La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica más importante de un concreto y se utiliza normalmente para juzgar su calidad. Sin embargo cuando se diseñan pavimentos rígidos y otras losas que se construyen sobre el terreno, el concreto se diseña para que resista esfuerzos de flexión.

(Gutiérrez de López, 2003), pág. 53.

Es una habilidad para resistir esfuerzos y de allí que se pueda considerar de cuatro maneras: compresión, tracción, flexión y corte. El concreto presenta una alta resistencia a los esfuerzos de compresión y muy poca a los de tracción, razón por la cual, la resistencia a la compresión simple es la propiedad a la que se le da mayor importancia.

Por su naturaleza, el concreto es una masa endurecida y heterogénea cuya resistencia depende únicamente de los siguientes factores:

- La resistencia de la pasta endurecida.
- La resistencia propia de las partículas del agregado y,
- La adherencia entre la pasta y los agregados.

(ASOCRETO, 2010), pág. 119.

- **Resistencia a la Compresión**

En términos generales, la gran mayoría de estructuras de concreto son diseñadas bajo la suposición de que este resiste únicamente esfuerzos de compresión, por consiguiente, para propósitos de diseño estructural, la resistencia a la compresión es el criterio de calidad, y de allí que los esfuerzos de trabajo estén prescritos por los códigos en términos de porcentajes de la resistencia a la compresión. (ASOCRETO, 2010), pág. 124.

Para calcular la resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\bar{A}R = \frac{\pi * (D \bar{A}M \quad P)}{4}^2$$

$$R \quad (K - f / c: 2) = \frac{C}{\bar{A}R}$$

$$R \quad (\%) = \frac{R}{R} \quad \frac{(k - f / c: 2) * 100}{D \quad D \quad \bar{N}O}$$

Si el factor de corrección de la altura y el diámetro F(H/D) es menor o igual a 1.75, el valor calculado de resistencia a la compresión se debe multiplicar por el factor de corrección que se determinara en la siguiente tabla:

**TABLA N° 4 Factor de corrección altura diámetro del espécimen cilíndrico**

H/D	FACTOR DE CORRECCIÓN
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

FUENTE: Norma ASTM C33

#### 3.2.6.2.4. PESO UNITARIO

Se define como densidad del concreto a la relación del volumen de sólidos al volumen total de una unidad cúbica. Puede también entenderse como el porcentaje de un determinado volumen del concreto que es material sólido.

El peso unitario del concreto es el peso varillado de una muestra representativa del concreto, Se expresa en kilos por metro cúbico.

El peso unitario de los concretos livianos, preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de baja gravedad especifica puede estar en valores de 480 a 1600 kg/m<sup>3</sup> El peso unitario de los concretos pesados, preparados ya sea con agregado grueso natural o artificial de alta gravedad especifica, puede elevarse hasta los 5,000 kg/m<sup>3</sup>.

(Rivva Lopez, 2000), pág. 213.





### **3.2.7. Diseño de Mezclas de Concreto**

#### **3.2.7.1. Diseño de Mezclas del Concreto Poroso**

El procedimiento de diseño del concreto poroso o permeable difiere mucho con relación al concreto convencional ya que este se basa en la relación agua/cemento o la resistencia del concreto ya sea compresión como a tensión, en cambio en el concreto poroso lo más importante es el porcentaje de vacíos y el volumen de pasta, ya que el porcentaje de vacíos determinara la velocidad de infiltración en consecuencia la permeabilidad del concreto poroso, en cambio el volumen de pasta asegura la adherencia entre las partículas del agregado grueso. Para tal efecto se deben seguir las recomendaciones del (ACI-211,2-98), donde se establece un procedimiento sencillo el cual se basa en tablas que permiten obtener las distintas cantidades de materiales que forman el concreto poroso. (Calderón Colca & Charca Chura, 2013), pag 4

#### **3.2.7.2. Diseño de Mezclas Método ACI - 2 - 98**

El propósito de esta norma es proporcionar métodos generalmente aplicables para seleccionar y ajustar las proporciones de la mezcla para concreto estructural ligero. Estos métodos también son aplicables a los hormigones que contienen una combinación de peso ligero y agregado de peso normal.

FUENTE: Norma ACI - 2 - 98

##### **3.2.7.2.1. Factores que Afectan el Proporcionamiento del Concreto Poroso Según Método ACI - 2 - 98**

- Agregados (Absorción y contenido de humedad)
- Los principales factores que requieren la modificación de los procedimientos de dosificación y control para el hormigón agregado ligero, en comparación con el hormigón de peso normal, son las mayores absorciones y las mayores tasas de absorción de la mayoría de los agregados ligeros



- Los agregados húmedos son preferibles a los agregados secos en el momento de la mezcla, ya que tienden a absorber menos agua durante la mezcla y, por lo tanto, reducen la posibilidad de pérdida de depresión a medida que se mezcla, se transporta y se coloca el hormigón. Los agregados húmedos tienen menos tendencia a segregar durante el almacenamiento. El agua absorbida se contabiliza en el procedimiento de dosificación de la mezcla.
- Cuando se fabrica hormigón con agregados ligeros que tienen bajos contenidos de humedad inicial (usualmente menos de 8 a 10 por ciento) y tasas relativamente altas de absorción, puede ser deseable mezclar los agregados con la mitad a dos tercios de la Mezclando el agua durante un corto período antes de la adición de cemento, aditivos y adyuvante de aire para reducir al mínimo la pérdida de asentamiento. El proveedor del agregado en particular debe ser consultado con respecto a la necesidad de tal procedimiento de premezclado y mezcla.
- El concreto hecho con agregados ligeros saturados puede ser más vulnerable a la congelación y descongelación que el hormigón hecho con áridos ligeros húmedos o secos, a menos que se permita que el hormigón pierda su exceso de humedad después del curado antes de dicha exposición y haya desarrollado una resistencia adecuada Para resistir la congelación.
- Cuando se produzcan lotes de ensayo en el laboratorio utilizando el método de gravedad específica, se debe determinar el peso específico del agregado ligero con el contenido de humedad previsto antes del uso.
- Para que la mayoría de las proporciones de las mezclas de concreto sean prácticas, las proporciones de agregados deben enumerarse en condiciones de humedad fácilmente alcanzables en el laboratorio y en el campo. En el hormigón estructural ligero el principal problema es contabilizar adecuadamente la humedad en (absorbida), y en (adsorbido), las partículas de agregado ligero, así como para los efectos de la absorción para una aplicación específica. Tradicionalmente, los tecnólogos de hormigón han asumido, para los propósitos de corrección de contenido de humedad agregada, que los agregados están en una de las cuatro condiciones en el momento del uso.

**TABLA N° 5 Relación agua/cemento y la resistencia a la compresión del concreto**

Fuerza compresiva a los 28 días	Relación agua-cemento aproximada, en peso	
	Concreto sin aire	Concreto con aire incorporado
6000 psi = 420 kg/cm <sup>2</sup>	0.41	-
5000 psi = 350 kg/cm <sup>2</sup>	0.48	0.40
4000 psi = 280 kg/cm <sup>2</sup>	0.57	0.48
3000 psi = 210 kg/cm <sup>2</sup>	0.68	0.59
2000 psi = 140 kg/cm <sup>2</sup>	0.82	0.74

FUENTE: Norma ACI - 2 - 98

**TABLA N° 6 Ratios Máximos Admisibles de Agua Para El Concreto en Exposiciones Severas \***

TIPO DE ESTRUCTURA	Estructura mojada continuamente o frecuentemente; Expuestas a la congelación y Descongelación	Estructura expuesta al agua de mar o sulfatos
Las secciones delgadas (barandillas, bordillos, Cornisas, trabajos ornamentales) y secciones Con menos de 1 pulg. Cubierta sobre acero	0.45	0.40 ‡
Todas las demás estructuras	0.50	0.45 ‡

FUENTE: Norma ACI - 2 - 98



### 3.2.8. Elaboración de Briquetas de Concreto Poroso

El contenido del presente marco referencial, ha sido orientado para la elaboración de probetas cilíndricas de concreto poroso, mediante varillado con contenido de mezcla de agregado grueso de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque. (ASTM C31 / C31M ,2012).

En primer lugar, los moldes deben de ser de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben de ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encontrado no reactivo. Varilla la cual debe de ser de hierro liso de 1/4", 30 cm de largo y con uno de sus extremos boleado, así mismo debe usarse un martillo de goma de 0.60 y 0.80 kg para acomodar bien la mezcla dentro del molde dando golpes a los costados .

Como equipo adicional se tiene un badilejo y un depósito donde se pueda almacenar la mezcla a colocar en la probeta.

Los especímenes deben de ser cilindros de concreto vaciado y fraguado en posición vertical, de altura igual o dos veces diámetro, siendo el espécimen que usamos de 20cm x 10 cm para agregado de tamaño máximo que no exceda la 1/2".

Colocar el concreto en el interior del molde del molde, depositándolo con cuidado alrededor del borde para asegurar la correcta distribución del concreto y una segregación mínima.

Llenar el molde en tres capas de igual volumen. En la última capa agregar la cantidad de concreto suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación. Ajustar el sobrante o faltante de concreto una porción de mezcla y completar el número de golpes faltantes. Cada capa se debe compactar con 25 penetraciones de la varilla distribuyendo uniformemente en forma de espiral y terminado en el centro. La capa inferior se compacta en todo su espesor; la segunda y tercera capa se compacta penetrando no más de 1" en la capa interior. Después de compactar cada capa golpear a los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo de goma para liberar las



burbujas de aire que pueden estar atrapadas (es usual dar pequeños golpes con varilla de hierro en caso de no contar con el mazo de goma).

Enrasar el exceso de concreto con la varilla de compactación y completar con una lámina metálica para mejorar el acabado superior. Debe darse el menor número de pasadas para obtener una superficie lisa y acabada.

### 3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

#### 3.1. Metodología de la Investigación

##### 3.1.1. Tipo de Investigación

Según (SAMPIERI, 1991) que, de acuerdo al enfoque, será del **tipo Cuantitativa**, debido a que se demostraran hipótesis mediante el valor cuantitativo de las propiedades del concreto poroso elaborado con cemento IP, comparando agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" la cantera de Machupicchu con agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Abril y Huillque.

##### 3.1.2. Nivel de la Investigación

Para (SAMPIERI, 1991) los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis.

De acuerdo con la definición de (SAMPIERI, 1991), nuestra investigación tiene un **nivel descriptivo relacional** porque se pretende demostrar el grado de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto poroso mediante procedimientos secuenciales, en las que se especifican las propiedades del concreto poroso elaborado con cemento IP, propiedades del agregado de la cantera de Machupicchu, propiedades del agregado de la cantera de Abril, propiedades del agregado de la cantera de Huillque, realización del diseño de mezclas, elaboración de briquetas de concreto poroso, ruptura de briquetas y finalmente interpretación comparativa de resultados con respecto al grado de permeabilidad y resistencia a la compresión de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.



### 3.1.3. Método de la Investigación

Se emplea el método **Hipotético – Deductivo** según (Popper, 1980) porque nuestra investigación se hará siguiendo los pasos de observación del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque, creación de una hipótesis, deducción de consecuencias o proposiciones, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados en la hipótesis comparándolos con la experiencia obtenida en los resultados.

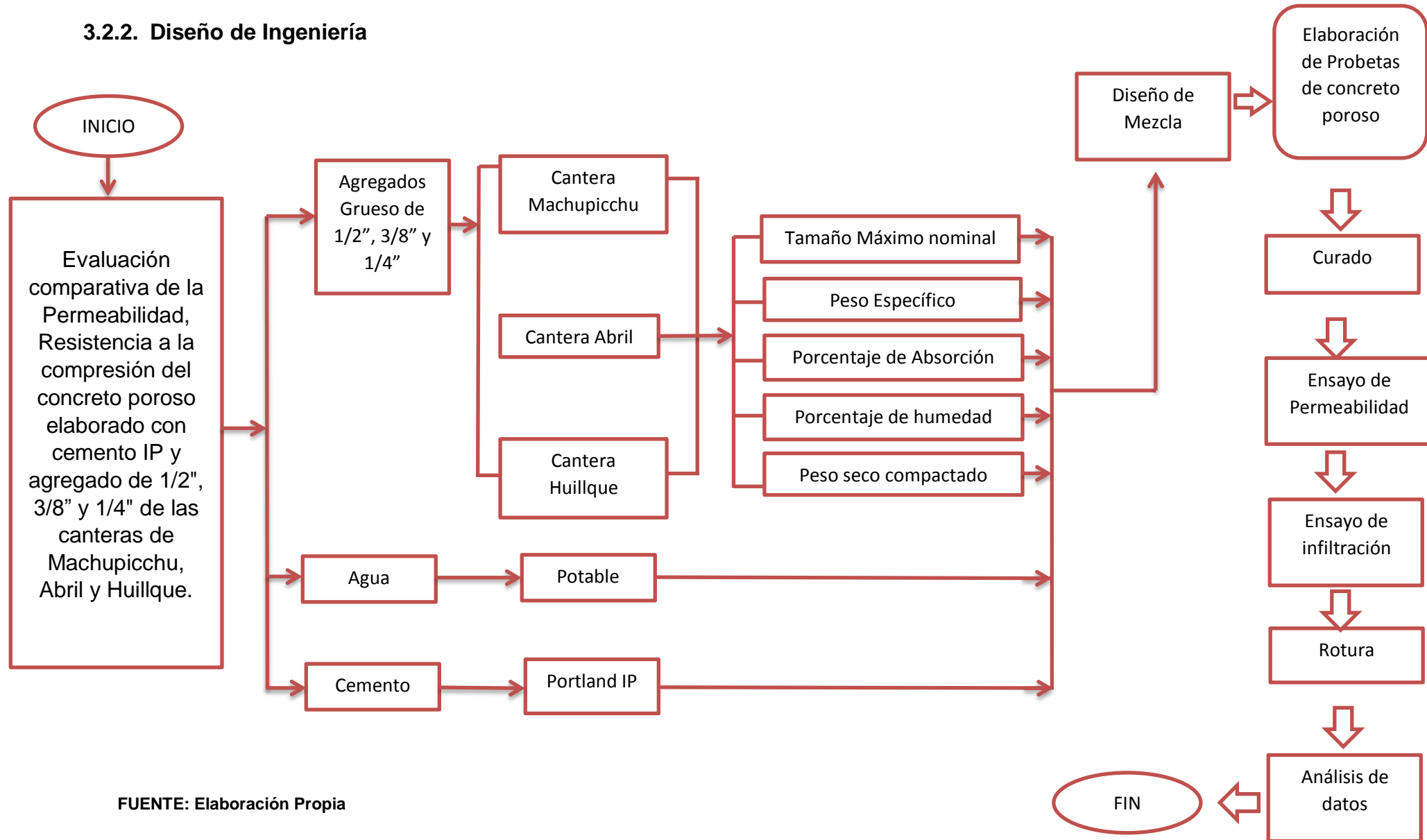
## 3.2. Diseño de la Investigación

### 3.2.1. Diseño Metodológico

Se considera el diseño de tipo **Experimental**, por considerar que las muestras serán sometidas a ensayos y pruebas para determinar el grado de permeabilidad y resistencia a la compresión de concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque respectivamente de cada una de ellas.



### 3.2.2. Diseño de Ingeniería



FUENTE: Elaboración Propia



### **3.3. Población Y Muestra**

#### **3.3.1. Población**

##### **3.3.1.1. Descripción de la Población**

La población fue el conjunto de elementos con características comunes que fueron objetos de análisis y para los cuales serán válidas las conclusiones de la investigación. (SAMPIERI, 1991)

La población de la investigación estaba compuesta por todas las probetas cilíndricas de concreto poroso elaboradas con los diferentes agregados de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque; así mismo las probetas fueron elaboradas con agregado grueso de granulometría homogénea de 1/2", 3/8" y 1/4".

##### **3.3.1.1.1 Los Agregados:**

Para la determinación de las canteras adecuadas se busca que cumplan con los parámetros establecidos por las normas técnicas peruanas:

- Para el Agregado Grueso de 1/2", 3/8" y 1/4", de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque; deberán cumplir con los parámetros establecidos en la NTP 400.017.

##### **3.3.1.1.2 Agua**

El agua a utilizar en nuestro diseño de mezcla es agua potable, porque es el más idóneo para la mezcla de concreto, además está estipulada en la norma técnica peruana NTP 339.088 "Agua para Diseños de Mezclas".

##### **3.3.1.1.3 Cemento**

El cemento a utilizar en la presente tesis es el cemento portland IP de la marca Yura que es el más comercial en nuestra ciudad, y dicha marca es la única que cumple con los parámetro establecido en la NTP 334.090.





### 3.3.1.2. Cuantificación de la Población

Contamos con 3 canteras Machupicchu, Abril y Huillque. Con 3 variaciones de granulometrías de 1/2", 3/8" y 1/4". Se ensayara en 3 periodos de rotura a los 7, 14 y 28 días.

Por lo que tendremos 9 diseños de mezclas en función de lugar de procedencia y variación de granulometría.

Los cuales, para tener una cuantificación par y poder procesarlos más rápido se consideró realizar 10 briquetas en función de procedencia, granulometría y periodo de rotura. Con un total de 270 briquetas.

### 3.3.2. Muestra

#### 3.3.2.1. Descripción de la Muestra

La muestra está conformada por 270 unidades de probetas cilíndricas de concreto poroso estandarizadas, elaboradas con Agregado Grueso homogéneo; con dimensiones de 20 cm en altura y 10 cm de diámetro, las cuales poseerán una granulometría homogénea de 1/2", 3/8" y 1/4"; para las edades de curado de 7, 14 y 28 días, elaboradas en laboratorio por el método de diseño de mezclas ACI 211,2-98.

Utilizando insumos como el cemento portland tipo IP, agua potable y agregados grueso de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.

#### 3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra está determinada por un total de 270 probetas cilíndricas de concreto poroso, dividiéndose entre probetas para concreto poroso elaborado con agregado grueso de 1/2", 3/8" y 1/4" de la Cantera de Machupicchu, Abril y Huillque; que serán evaluadas en edades de curado de 7, 14 y 28 días.

Según la Norma Técnica de Edificación E060 de Concreto Armado:

Para cada relación agua-material o contenido de material cementante deben confeccionarse y curarse al menos tres probetas cilíndricas para cada edad de ensayo de acuerdo con Stanford Practicefor Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory (ASTM C 192M). Las probetas serán ensayadas a los 7, 14 y 28 días o a la edad de ensayo establecida para determinar f'c.

### 3.3.2.3. Método de Muestreo

Por conveniencia, esto implica las limitaciones en el uso del laboratorio y sus instrumentos, para lo cual se propuso la realización de 10 probetas cilíndricas de concreto para cada ensayo, lo que se tuvo 30 probetas cilíndricas para cada diseño de mezcla, obteniendo un total de 270 probetas cilíndricas de concreto.

**TABLA N° 7 Distribución de la muestra a ensayar**

EDADES/ CANTERAS	CANTERA MACHUPICCHU			CANTERA DE ABRIL			CANTERA DE HUILQUE			
	1/2"	3/8"	1/4"	1/2"	3/8"	1/4"	1/2"	3/8"	1/4"	
<b>Granulometría</b>	1/2"	3/8"	1/4"	1/2"	3/8"	1/4"	1/2"	3/8"	1/4"	
<b>7 días</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
<b>14 días</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
<b>28 días</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	<b>270</b>

Fuente: Elaboración (Propia)

### 3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra

#### 3.3.2.4.1 Para Agregados Gruesos

Para la evaluación de estos elementos a utilizar, estos deben cumplir con las normas:

- NTP 400.017 Agregado Grueso.

#### 3.3.2.4.2 Para el Agua

El agua a utilizar en nuestro diseño de mezcla es agua potable y a temperatura ambiente, que cumple con la NTP 339.088 "Agua para Diseños de Mezclas".

#### 3.3.2.4.3 Cemento Portland IP

El cemento a utilizar en la presente investigación es el cemento portland IP. Es el cemento que contiene puzolana y esta se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker portland y puzolana con la adición eventual de sulfato de calcio. El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15% y 40% en peso del total, es uno de los cementos que cumplen con los requisitos mínimos para el diseño de mezcla. Según NTP 334.090.



#### **3.3.2.4.4 Ensayo de Resistencia a la Compresión**

Se evaluó principalmente la Resistencia a la compresión con la máquina de compresión Axial, el revenimiento de las muestras con el Ensayo de Cono Invertido, y finalmente la evolución de la resistencia de los testigos a los 7, 14 y 28 días.

#### **3.3.2.4.5 Ensayo de Permeabilidad e Infiltración**

Se evaluó la Permeabilidad e Infiltración de los testigos empleando el de equipo de Permeabilidad (Permeámetro).


#### **3.3.3. Criterios de Inclusión**

- Se considerará agregado grueso de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque.
- Los especímenes de trabajos se harán con cemento portland tipo IP de la marca Yura.
- El agua para la mezcla será potable obtenida de la red pública brindada por la E.P.S. Seda Cusco.
- El uso de diseño de mezclas ACI 211,98-2. Hormigón Estructural Ligero
- Probetas Cilíndricas normalizadas de 20 cm de Altura y 10 cm de Diámetro.
- Se tomará 10 especímenes para pruebas de permeabilidad por cantera y 10 para pruebas a compresión a las diferentes edades 7, 14 y 28 días.
- La evaluación del desarrollo de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, empleando el equipo de compresión Accutec 250 del Laboratorio de la Universidad Andina del Cusco.
- La evaluación de la permeabilidad e infiltración de las muestras cilíndricas con el uso de permeatro según norma A.C.I. 522, R.







3.4.1.2. Hoja de Cálculo para Porcentaje de Humedad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"		
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin		
	Braham Roberto Palomino Prudencio		
LUGAR:			FECHA:
PORCENTAJE DE HUMEDAD			
<b>ANTES DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 3			kgf
PESO BANDEJA 3 + AGREGADO GRUESO			kgf
<b>DESPUÉS DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 4			kgf
PESO BANDEJA 4 + AGREGADO GRUESO			kgf
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL		kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA		kgf
PORCENTAJE DE HUMEDAD			%

3.4.1.3. Hoja de Cálculo para Peso Específico y Absorción

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>TESIS:</b>	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"		
<b>TESISTAS:</b>	Michael Marcelo Leiva Marin		
	Braham Roberto Palomino Prudencio		
<b>LUGAR:</b>		<b>FECHA:</b>	
PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN			
PESO BANDEJA 1			kgf
PESO AGREGADO GRUESO NATURAL			Kgf
PESO RECIPIENTE			kgf
PESO RECIPIENTE + AGREGADO GRUESO			kgf
PESO RECIPIENTE + AGREGADO GRUESO + AGUA			kgf
PESO BANDEJA 2			kgf
PESO BANDEJA 2 + AGREGADO GRUESO S.S.S.			kgf
PESO CANASTILLA AIRE			kgf
PESO CANASTILLA SUMERGIDO			kgf
PESO AGREGADO GRUESO SUMERGIDO			kgf
ANTES DEL HORNO			
PESO BANDEJA 3			kgf
PESO BANDEJA 3 + AGREGADO GRUESO			kgf
DESPUÉS DEL HORNO			
PESO BANDEJA 4			kgf
PESO BANDEJA 4 + AGREGADO GRUESO			kgf
A =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL HORNO (kgf)		kgf
B =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (kgf)		kgf
C =	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (kgf)		kgf
DATOS OBTENIDOS			
	PESO ESPECIFICO DE LA MASA		kgf/m3
	PESO ESPECIFICO DE LA MASA S.S.S.		kgf/m3
	PESO ESPECIFICO APARENTE		kgf/m3
	ABSORCIÓN		%

3.4.1.4. Hoja de Cálculo para Peso Unitario

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
<b>TESIS:</b>	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"		
<b>TESISTAS:</b>	Michael Marcelo Leiva Marin Braham Roberto Palomino Prudencio		
<b>LUGAR:</b>		<b>FECHA:</b>	
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO			
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE			
	PESO		kgf
	VOLUMEN		m3
	ALTURA 1		cm
	ALTURA 2		cm
	ALTURA 3		cm
	PROMEDIO		cm
	DIÁMETRO 1		cm
	DIÁMETRO 2		cm
	DIÁMETRO 3		cm
	PROMEDIO		cm
PESO SUELTO AGREGADO GRUESO			
	PESO 1		kgf
	PESO 2		kgf
	PESO 3		kgf
	PROMEDIO		kgf
	PESO MOLDE		kgf
	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO		kgf
	VOLUMEN DEL MOLDE		m3
	PESO AGREGADO GRUESO		kgf
	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>		kg/m3
PESO COMPACTADO AGREGADO GRUESO			
	PESO 1		kgf
	PESO 2		kgf
	PESO 3		kgf
	PROMEDIO		kgf
	PESO MOLDE		kgf
	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO		kgf
	VOLUMEN DEL MOLDE		m3
	PESO AGREGADO GRUESO		kg
	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		kg/m3
CONTENIDO DE VACÍOS			
	PESO ESPECIFICO DE LA MASA		kgf/m3
	PESO ESPECIFICO DE AGUA		kgf/m3
	PESO UNITARIO SUELTO		kgf/m3
	PESO UNITARIO COMPACTADO		kgf/m3
	<b>CONTENIDO DE VACÍOS SUELTO</b>		%
	<b>CONTENIDO DE VACÍOS COMPACTADO</b>		%




3.4.1.5. Hoja de Cálculo Prueba de Abrasión de los Ángeles


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"		
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin		
	Braham Roberto Palomino Prudencio		
LUGAR:		FECHA:	
ABRASIÓN			
TARA			kgf
PESO DEL AGREGADO GRUESO			kgf
PESO SOMETIDO A MAQUINA DE LOS ÁNGELES			kgf
TARA			kgf
PESO DESPOJOS DEL AGREGADO GRUESO			kgf
A	PESO AGREGADO ANTES DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES		kgf
B	PESO AGREGADO DESPUÉS DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES		kgf
C	PORCENTAJE DE DESGASTE		%



3.4.1.6. Hoja de Cálculo Revenimiento

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"			
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin			
	Braham Roberto Palomino Prudencio			
LUGAR:				FECHA:
REVENIMIENTO				
	CANTERA:	ABRIL		
REVENIMIENTO PARA 1/2"				
PRIMERA TANDA A LOS 7				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
REVENIMIENTO PARA 3/8"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
REVENIMIENTO PARA 1/4"				
PRIMERA TANDA A LOS 7				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	DIÁMETRO 1			cm
	DIÁMETRO 2			cm

3.4.1.7. Hoja de Cálculo Permeabilidad

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"					
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin					
	Braham Roberto Palomino Prudencio					
LUGAR:					FECHA:	
PERMEABILIDAD						
CANTERA:						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	
1/2"						
3/8"						
1/4"						



3.4.1.8. Hoja de Cálculo Infiltración

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"



TESISTAS: Michael Marcelo Leiva Marin  
Braham Roberto Palomino Prudencio

LUGAR:

FECHA:

INFILTRACIÓN

CANTERA:				
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/2"				
3/8"				
1/4"				

3.4.1.9. Hoja de Cálculo Características de Briquetas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS:	"EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2", 3/8" Y 1/4" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE"
	
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin Braham Roberto Palomino Prudencio
LUGAR:	
	FECHA:

CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:							
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"									
3/8"									
1/4"									



3.4.1.10. Hoja de Cálculo Rotura de Briquetas

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
TESIS:	“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/2”, 3/8” Y 1/4” DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE”
TESISTAS:	Michael Marcelo Leiva Marin Braham Roberto Palomino Prudencio
LUGAR:	FECHA:



ROTURA DE BRIQUETAS

CANTERA:			
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA (kgf)	COMPRESIÓN (kg/cm <sup>2</sup> )
1/2"			
3/8"			
1/4"			

3.4.2. Instrumentos de Ingeniería







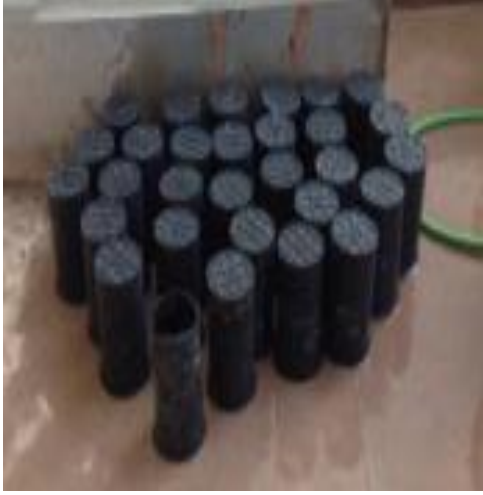
FIGURA N° 05: Agitador mecánico de tamices. 1	FIGURA N° 06: Agitador mecánico de tamices 2
	
FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas	FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 07: Serie de tamices estándar agregado grueso: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4"	FIGURA N° 08: Balanza de precisión de 8000 gr. precisión de 0.1 gr-m
	
FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas	FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

<p>FIGURA N° 09: Balanza de precisión de 600 gr. precisión de 0.01 gr-m</p>	<p>FIGURA N° 10: Balanza de 40 kgf. Precisión de 5gr-m.</p>
	
<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>	<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>

<p>FIGURA N° 11: Brocha de 3 pulgadas</p>	<p>FIGURA N° 12: Frasco volumétrico de 500 cm3.</p>
	
<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>	<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>



<p>FIGURA N° 13: Briqueteras (moldes) de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura</p>	<p>FIGURA N° 14: Briqueteras (moldes) de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura</p>
	
<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>	<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>

<p>FIGURA N° 15: Pala de mano</p>	<p>FIGURA N° 16: Cesta con malla de alambre con abertura correspondiente al tamiz n°4.</p>
	
<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>	<p>FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas</p>



FIGURA N° 17: Mezcladora de concreto.



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 18: Cono de abrams.



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 19: Barra compactadora de 5/8" de 60 cm con punta semiesférica.



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 20: Barra compactadora de 1/4" de 30 cm con punta semiesférica.



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 21: Martillo de goma	FIGURA N° 22: Flexo metro
	
FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas	FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas



FIGURA N° 23: Permeámetro	FIGURA N° 24: Equipo de compresión ACCUTEK 250
	
FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas	FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 25: Moldes para ruptura de briquetas de 10 cm diámetro



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 26: Vernier



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 27: Depósito de agua



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 28: Cilindros para almacenar el agregado



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas



FIGURA N° 29: Baldes para almacenar el material tamizado



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 30: Manguera extensible c/pistola 15 m



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 31: Horno



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

FIGURA N° 32: Maquina de abrasión de los ángeles



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

### 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

#### 3.5.1. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso (NTP 400.012)

##### 3.5.1.1. Equipos

- Un juego de tamices normalizados: 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°04, N°08 y Fondo.
- Una balanza con capacidad superior a 5 kilos y precisiones de 1 gr y 0.1 gr, respectivamente.
- Horno de secado con circulación de aire y temperatura regulable capaz de mantenerse en 110° ± 6°C.
- Un tamizador mecánico.
- Herramientas y accesorios: Bandeja metálica, recipientes, cucharones, y escobilla.

##### 3.5.1.2. Procedimiento

- Se realizó el proceso de cuarteo para obtener una muestra representativa del material a tamizarse.

FIGURA N° 33: Cuarteo de agregado grueso



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Se secó la muestra a peso constante a una temperatura de 110°C±5°.
- Se seleccionó tamaño adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado, los cuales fueron 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°04, N°08 y Fondo.

- Se encajó los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico.

FIGURA N° 34: Tamizado manual




FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0.1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra.


3.5.1.3. Toma de Datos

TABLA N° 08 Datos de la Cantera de Huillque

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:26/04/2016
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO		
Peso del Recipiente	0.4	kgf
Peso Total	10.4	kgf
Peso de la Muestra	10	kgf
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)
1 1/2"	37.50	0.000
1"	25.00	0.095
3/4"	19.00	1.055
1/2"	12.50	4.705
3/8"	9.50	1.960
1/4"	6.30	1.465
N° 4	4.75	0.285
N°8	2.36	0.205
FONDO		0.210

FUENTE: Elaboración (Propia)


**TABLA N° 09 Datos de la Cantera de Abril**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																
<b>TESIS:</b>	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.																															
<b>TESISTAS:</b>	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto																															
<b>LUGAR:</b>	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	<b>FECHA:</b> 27/04/2016																														
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO																																
Peso del Recipiente	0.4	kgf																														
Peso Total	10.4	kgf																														
Peso de la Muestra	10	kgf																														
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">TAMIZ N°</th> <th style="background-color: #cccccc;">ABERTURA (mm)</th> <th style="background-color: #cccccc;">PESO RETENIDO (kgf)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="background-color: #cccccc;">1 1/2"</td><td style="text-align: center;">37.50</td><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">1"</td><td style="text-align: center;">25.00</td><td style="text-align: center;">0.04</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">3/4"</td><td style="text-align: center;">19.00</td><td style="text-align: center;">1.82</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">1/2"</td><td style="text-align: center;">12.50</td><td style="text-align: center;">4.38</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">3/8"</td><td style="text-align: center;">9.50</td><td style="text-align: center;">2.29</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">1/4"</td><td style="text-align: center;">6.30</td><td style="text-align: center;">1.33</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">N° 4</td><td style="text-align: center;">4.75</td><td style="text-align: center;">0.06</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">N°8</td><td style="text-align: center;">2.36</td><td style="text-align: center;">0.01</td></tr> <tr><td style="background-color: #cccccc;">FONDO</td><td></td><td style="text-align: center;">0.02</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)	1 1/2"	37.50	0.00	1"	25.00	0.04	3/4"	19.00	1.82	1/2"	12.50	4.38	3/8"	9.50	2.29	1/4"	6.30	1.33	N° 4	4.75	0.06	N°8	2.36	0.01	FONDO		0.02	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)																														
1 1/2"	37.50	0.00																														
1"	25.00	0.04																														
3/4"	19.00	1.82																														
1/2"	12.50	4.38																														
3/8"	9.50	2.29																														
1/4"	6.30	1.33																														
N° 4	4.75	0.06																														
N°8	2.36	0.01																														
FONDO		0.02																														

FUENTE: Elaboración (Propia)



**TABLA N° 10 Datos de la Cantera de Machupicchu**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO																																
<b>TESIS:</b>	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.																															
<b>TESISTAS:</b>	Leiva Marin, Michael Marcelo																															
	Palomino Prudencio, Braham Roberto																															
<b>LUGAR:</b>	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	<b>FECHA:</b> 27/04/2016																														
GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO																																
Peso del Recipiente	0.4	kgf																														
Peso Total	10.4	kgf																														
Peso de la Muestra	10	kgf																														
	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #cccccc;">TAMIZ N°</th> <th style="background-color: #cccccc;">ABERTURA (mm)</th> <th style="background-color: #cccccc;">PESO RETENIDO (kgf)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 1/2"</td><td style="text-align: center;">37.50</td><td style="text-align: center;">0.00</td></tr> <tr><td>1"</td><td style="text-align: center;">25.00</td><td style="text-align: center;">1.13</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td style="text-align: center;">19.00</td><td style="text-align: center;">3.85</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td style="text-align: center;">12.50</td><td style="text-align: center;">4.69</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td style="text-align: center;">9.50</td><td style="text-align: center;">1.77</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td style="text-align: center;">6.30</td><td style="text-align: center;">1.55</td></tr> <tr><td>N° 4</td><td style="text-align: center;">4.75</td><td style="text-align: center;">0.53</td></tr> <tr><td>N°8</td><td style="text-align: center;">2.36</td><td style="text-align: center;">0.48</td></tr> <tr><td>FONDO</td><td></td><td style="text-align: center;">0.73</td></tr> </tbody> </table>	TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)	1 1/2"	37.50	0.00	1"	25.00	1.13	3/4"	19.00	3.85	1/2"	12.50	4.69	3/8"	9.50	1.77	1/4"	6.30	1.55	N° 4	4.75	0.53	N°8	2.36	0.48	FONDO		0.73	
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)																														
1 1/2"	37.50	0.00																														
1"	25.00	1.13																														
3/4"	19.00	3.85																														
1/2"	12.50	4.69																														
3/8"	9.50	1.77																														
1/4"	6.30	1.55																														
N° 4	4.75	0.53																														
N°8	2.36	0.48																														
FONDO		0.73																														

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.2. Contenido de Humedad (NTP 339.185)

#### 3.5.2.1. Equipos

- Una balanza con capacidad superior a 5 kilos y precisiones de 1 gr-m y 0.1 gr-m, respectivamente.
- Horno. Capaz de mantener una temperatura uniforme.
- Recipiente para la muestra.

#### 3.5.2.2. Procedimiento

- Se determina la masa de la muestra con una precisión del 0.1% tomando como referencia la Tabla mostrada en este caso 2.50 kgf.
- Se metió la muestra en un recipiente dentro del horno durante  $24h \pm 4h$  a una temperatura constante de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , teniendo cuidado de evitar la pérdida de ninguna partícula.
- Se determinó la masa de muestra seca con una aproximación de 0.1% después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.


FIGURA N° 35: Secado de muestra en horno



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas


3.5.2.3. Toma de Datos

TABLA N° 11 Datos contenido de Humedad Agregado Grueso Cantera Machupicchu.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.		
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo		
	Palomino Prudencio, Braham Roberto		
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	Fecha:27/04/2016	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>ANTES DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 3		0.36	kgf
PESO BANDEJA 3 + AGREGADO GRUESO		4.25	kgf
<b>DESPUÉS DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 4		0.36	kgf
PESO BANDEJA 4 + AGREGADO GRUESO		4.16	kgf
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.89	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.80	kgf


FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 12 Datos Contenido de Humedad Agregado Grueso Cantera  
Abril**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.		
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo		
	Palomino Prudencio, Braham Roberto		
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	Fecha:29/04/2016	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>ANTES DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 3		0.57	kgf
PESO BANDEJA 3 + AGREGADO GRUESO		4.17	kgf
<b>DESPUÉS DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 4		0.57	kgf
PESO BANDEJA 4 + AGREGADO GRUESO		4.02	kgf
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.60	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.45	kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 13 Datos Contenido de Humedad Agregado Grueso Cantera Huillque**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.		
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto		
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	Fecha:29/04/2016	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
<b>ANTES DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 3		0.76	kgf
PESO BANDEJA 3 + AGREGADO GRUESO		4.02	kgf
<b>DESPUÉS DEL HORNO</b>			
PESO BANDEJA 4		0.76	kgf
PESO BANDEJA 4 + AGREGADO GRUESO		3.89	kgf
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.27	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.13	kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.3. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso (NTP 400.021)

#### 3.5.3.1. Equipos

- Una balanza con capacidad superior a 5 kilos y precisiones de 1 gr-m y 0.1 gr-m, respectivamente.
- Cesta con malla de alambre.
- Tamices normalizados de 4.75 mm (Nº4).
- Horno capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

#### 3.5.3.2. Procedimiento

- La muestra se lavó inicialmente con agua hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas, se secó a una temperatura de  $110^\circ\text{C}$  Una vez fría la muestra se pesó, y sumergió en agua durante  $24 \pm 4$  horas.

FIGURA Nº 36: Muestras de agregado 03 canteras (Abril, Machupicchu y Huillque respectivamente)



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Después del periodo de inmersión, se sacó la muestra del agua y se secan las partículas rodándolas sobre una franela, hasta eliminar el agua superficial visible secando individualmente los fragmentos mayores.

FIGURA N° 37: Secado de agregado para determinar saturado superficialmente seco



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Se determinó el peso de la muestra en el estado de saturada con superficie seca.
- Se colocó la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determinó el peso sumergido en agua. La canastilla y la muestra deberá quedar completamente sumergida durante la pesada.
- Se secó la muestra en el horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas.


FIGURA N° 38: Secado de muestra en el horno



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

3.5.3.3. Toma de Datos


**TABLA N° 14 Datos Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso Cantera Machupicchu**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:27/04/2016
PESO ESPECÍFICO		
Peso Bandeja 1		0.46 kgf
Peso Agregado Grueso Natural		3.89 kgf
Peso Recipiente		0.20 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso		4.09 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso + Agua		5.36 kgf
Peso Bandeja 2		0.36 kgf
Peso Bandeja 2 + Agregado Grueso S.S.S.		4.21 kgf
Peso Canastilla Aire		0.79 kgf
Peso Canastilla Sumergido		0.70 kgf
Peso Agregado Grueso Sumergido		3.05 kgf
ANTES DEL HORNO		
Peso Bandeja 3		0.36 kgf
Peso Bandeja 3 + Agregado Grueso		4.25 kgf
DESPUÉS DEL HORNO		
Peso Bandeja 4		0.36 kgf
Peso Bandeja 4 + Agregado Grueso		4.16 kgf
A =	Peso en el aire de la muestra seca después del horno (kgf)	3.80 kgf
B =	Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (kgf)	3.85 kgf
C =	Peso en el agua de la muestra saturada (kgf)	2.36 kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)




**TABLA N° 15 : Datos Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso  
Cantera Abril**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA: 29/04/2016
PESO ESPECÍFICO		
Peso Bandeja 1		0.79 kgf
Peso Agregado Grueso Natural		3.48 kgf
Peso Recipiente		0.19 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso		3.68 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso + Agua		5.86 kgf
Peso Bandeja 2		0.57 kgf
Peso Bandeja 2 + Agregado Grueso S.S.S.		4.09 kgf
Peso Canastilla Aire		0.79 kgf
Peso Canastilla Sumergido		0.70 kgf
Peso Agregado Grueso Sumergido		2.91 kgf
<b>ANTES DEL HORNO</b>		
Peso Bandeja 3		0.57 kgf
Peso Bandeja 3 + Agregado Grueso		4.17 kgf
<b>DESPUÉS DEL HORNO</b>		
Peso Bandeja 4		0.57 kgf
Peso Bandeja 4 + Agregado Grueso		4.02 kgf
A =	Peso en el aire de la muestra seca después del horno (kgf)	3.45 kgf
B =	Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (kgf)	3.51 kgf
C =	Peso en el agua de la muestra saturada (kgf)	2.21 kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 16 Datos Peso Específico y Absorción de Agregado Grueso  
Cantera Huillque**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:29/04/2016
PESO ESPECÍFICO		
Peso Bandeja 1		0.41 kgf
Peso Agregado Grueso Natural		3.18 kgf
Peso Recipiente		0.19 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso		3.36 kgf
Peso Recipiente + Agregado Grueso + Agua		5.08 kgf
Peso Bandeja 2		0.76 kgf
Peso Bandeja 2 + Agregado Grueso S.S.S.		3.95 kgf
Peso Canastilla Aire		0.79 kgf
Peso Canastilla Sumergido		0.70 kgf
Peso Agregado Grueso Sumergido		2.76 kgf
ANTES DEL HORNO		
Peso Bandeja 3		0.76 kgf
Peso Bandeja 3 + Agregado Grueso		4.02 kgf
DESPUÉS DEL HORNO		
Peso Bandeja 4		0.76 kgf
Peso Bandeja 4 + Agregado Grueso		3.89 kgf
A =	Peso en el aire de la muestra seca después del horno (kgf)	3.13 kgf
B =	Peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (kgf)	3.19 kgf
C =	Peso en el agua de la muestra saturada (kgf)	2.06 kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.4. Peso Unitario del Agregado Grueso (NTP 400.017)

#### 3.5.4.1. Equipos

- Balanza con capacidad superior a 5 kilos y precisiones de 1 gr y 0.1 gr, respectivamente.
- Horno, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Barra compactadora, recta de acero liso de 16 mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 60 cm de longitud.
- Recipiente de medida, cilindro metálico preferentemente con asas.
- Cucharón.

#### 3.5.4.2. Procedimiento

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano.

FIGURA N° 39: Llenado de molde peso unitario sin compactar



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosa, golpeándola 25 veces con la barra compactadora como regla.

FIGURA N° 40: Chuseo de molde peso unitario compactado



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Al compactar la primera capa, se procura que la barra no golpee el fondo con fuerza. Al compactar las últimas dos capas, solo se emplea la última capa de agregado colocada en el recipiente.
- Se determina el peso del recipiente de medida más su contenido y el peso del recipiente solo y se registra los pesos con una aproximación de 0.05 kg (0.1lb).


FIGURA N° 41: Peso de molde con agregado compactado



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

3.5.4.3. Toma de Datos

**TABLA N° 17 Datos Peso Unitario del Agregado Grueso Cantera Machupicchu**


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:06/05/2016
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO		
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE		
Peso	5.450	kgf
Volumen	0.006	m3
Altura 1	30.50	cm
Altura 2	30.40	cm
Altura 3	30.50	cm
Promedio	30.47	cm
Diámetro 1	15.40	cm
Diámetro 2	15.30	cm
Diámetro 3	15.25	cm
Promedio	15.32	cm
PESO SUELTO AGREGADO GRUESO		
Peso 1	14.27	kgf
Peso 2	14.26	kgf
Peso 3	14.18	kgf
Promedio	14.24	kgf
Peso Molde	5.450	kgf
Peso de Molde + Agregado Grueso	14.24	kgf
Volumen del Molde	0.006	m3
Peso Agregado Grueso	8.79	kgf



<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			1565.27	kgf/m3
<b>PESO COMPACTADO AGREGADO GRUESO</b>				
Peso 1	15.03	kgf		
Peso 2	14.97	kgf		
Peso 3	14.92	kgf		
Promedio	14.97	kgf		
Peso Molde	5.45	kgf		
Peso De Molde + Agregado Grueso	14.97	kgf		
Volumen Del Molde	0.006	m3		
Peso Agregado Grueso	9.52	kgf		
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			1696.50	kgf/m3
<b>CONTENIDO DE VACÍOS</b>				
Peso Específico De La Masa	2548	kgf/m3		
Peso Específico De Agua	998	kgf/m3		
Peso Unitario Suelto	1565.27	kgf/m3		
Peso Unitario Compactado	1696.50	kgf/m3		
<b>CONTENIDO DE VACÍOS SUELTO</b>			38.45	%
<b>CONTENIDO DE VACÍOS COMPACTADO</b>			33.28	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 18 Datos Peso Unitario del Agregado Grueso Cantera Abril**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:06/05/2016
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO		
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE		
Peso	5.450	kgf
Volumen	0.006	m <sup>3</sup>
Altura 1	30.50	cm
Altura 2	30.40	cm
Altura 3	30.50	cm
Promedio	30.47	cm
Diámetro 1	15.40	cm
Diámetro 2	15.30	cm
Diámetro 3	15.25	cm
Promedio	15.32	cm
PESO SUELTO AGREGADO GRUESO		
Peso 1	13.19	kgf
Peso 2	13.30	kgf
Peso 3	13.49	kgf
Promedio	13.33	kgf
Peso Molde	5.45	kgf
Peso de Molde + Agregado Grueso	13.33	kgf
Volumen del Molde	0.01	m <sup>3</sup>
Peso Agregado Grueso	7.88	kgf


<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	1403.17	kgf/m3
<b>PESO COMPACTADO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso 1	14.08	kgf
Peso 2	14.21	kgf
Peso 3	14.24	kgf
Promedio	14.18	kgf
Peso Molde	5.45	kgf
Peso De Molde + Agregado Grueso	14.18	kgf
Volumen Del Molde	0.006	m3
Peso Agregado Grueso	8.73	kgf
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	1554.58	kgf/m3
<b>CONTENIDO DE VACÍOS</b>		
Peso Específico De La Masa	2642	kgf/m3
Peso Específico De Agua	998	kgf/m3
Peso Unitario Suelto	1403.17	kgf/m3
Peso Unitario Compactado	1554.58	kgf/m3
<b>CONTENIDO DE VACÍOS SUELTO</b>	46.78	%
<b>CONTENIDO DE VACÍOS COMPACTADO</b>	41.04	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)





**TABLA N° 19 Datos Peso Unitario del Agregado Grueso Cantera Huillque**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:06/05/2016
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO		
CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE		
Peso	5.450	kgf
Volumen	0.006	m3
Altura 1	30.50	cm
Altura 2	30.40	cm
Altura 3	30.50	cm
Promedio	30.47	cm
Diámetro 1	15.40	cm
Diámetro 2	15.30	cm
Diámetro 3	15.25	cm
Promedio	15.32	cm
PESO SUELTO AGREGADO GRUESO		
Peso 1	13.82	kgf
Peso 2	13.88	kgf
Peso 3	13.79	kgf
Promedio	13.83	kgf
Peso Molde	5.45	kgf
Peso de Molde + Agregado Grueso	13.83	kgf
Volumen del Molde	0.006	m3
Peso Agregado Grueso	8.38	kgf



<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>	1492.83	kgf/m3
<b>PESO COMPACTADO AGREGADO GRUESO</b>		
Peso 1	14.57	kgf
Peso 2	14.50	kgf
Peso 3	14.61	kgf
Promedio	14.56	kgf
Peso Molde	5.45	kgf
Peso De Molde + Agregado Grueso	14.56	kgf
Volumen Del Molde	0.006	m3
Peso Agregado Grueso	9.11	kgf
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	1622.87	kgf/m3
<b>CONTENIDO DE VACÍOS</b>		
Peso Específico De La Masa	2762	kgf/m3
Peso Específico De Agua	998	kgf/m3
Peso Unitario Suelto	1492.83	kgf/m3
Peso Unitario Compactado	1622.87	kgf/m3
<b>CONTENIDO DE VACÍOS SUELTO</b>	45.85	%
<b>CONTENIDO DE VACÍOS COMPACTADO</b>	41.13	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

**3.5.5. Ensayo de Abrasión (NTP 400.019)**

**3.5.5.1. Equipos**

- Máquina de los Ángeles
- Bandejas metálicas
- Una balanza con capacidad superior a 5 kilos y precisiones de 1 gr-m y 0.1 gr-m, respectivamente.
- Carga, la cual está dada por la cantidad de esferas según la masa de la muestra, conforme a la siguiente tabla:

**TABLA N° 20 Número de Esferas Según Peso de la Muestra Para Máquina de los Ángeles**

GRADACIÓN	NUMERO DE ESFERAS	MASA DE LA CARGA (gr-m)
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±20
D	6	2500±15

FUENTE: Norma NTP 400.019

**TABLA N° 21 Gradación de las Muestras de Ensayo**

Medida del Tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, gr			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 pulg)	25.0 mm (1 pulg)	1250 + - 25	.....	.....	.....
25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	1250 + - 25	.....	.....	.....
19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	1250 + - 25	1250 + - 25	.....	.....
12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	1250 + - 25	1250 + - 25	.....	.....
9.5 mm (3/8 pulg)	6.3 mm (1/4 pulg)	.....	.....	1250 + - 25	.....
6.3 mm (1/4 pulg)	4.75 mm (N° 4)	.....	.....	1250 + - 25	.....
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N°8)	.....	.....	.....	5000 + - 10
<b>Total</b>		5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10	5000 + - 10

FUENTE: Norma NTP 400.019

### 3.5.5.2. Procedimiento

- Se pesa el material para determinar el peso inicial del ensayo y el número de esferas (carga) dentro de la Máquina de los Ángeles.
- Colocar la muestra con las carga dentro de la Máquina de los Ángeles y rotarla a velocidad entre 30 y 33 rpm, por 500 revoluciones.

FIGURA N° 42: Calibración de máquina de los ángeles




FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Luego de completado el ensayo, se procede a pesar la muestra final del ensayo separando las partículas que pasen por el tamiz N° 10.


3.5.5.3. Toma de Datos

TABLA N° 22 Datos Abrasión Agregado Grueso Cantera Machupicchu

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:07/05/2016
ABRASIÓN		
TARA		0.58 kgf
Peso del agregado grueso		5.12 kgf
Peso sometido a máquina de los ángeles		4.61 kgf
TARA		0.40 kgf
Peso despojos del agregado grueso		0.40 kgf
A	Peso agregado antes de la máquina de los ángeles	5.12 kgf
B	Peso agregado después de la máquina de los ángeles	4.61 kgf


FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 23 Datos Abrasión Agregado Grueso Cantera Abril**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:07/05/2016
ABRASIÓN		
TARA		0.93      kgf
Peso del agregado grueso		4.95      kgf
Peso sometido a máquina de los ángeles		4.27      kgf
TARA		0.40      kgf
Peso despojos del agregado grueso		0.36      kgf
A	Peso agregado antes de la máquina de los ángeles	4.95      kgf
B	Peso agregado después de la máquina de los ángeles	4.27      kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 24 Datos Abrasión Agregado Grueso Cantera Huillque**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA: 07/05/2016
ABRASIÓN		
TARA		0.55 kgf
Peso del agregado grueso		5.00 kgf
Peso sometido a máquina de los ángeles		4.25 kgf
TARA		0.40 kgf
Peso despojos del agregado grueso		0.30 kgf
A	Peso agregado antes de la máquina de los ángeles	5.00 kgf
B	Peso agregado después de la máquina de los ángeles	4.25 kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.6. Ensayo de Revenimiento (Cono de Abrams Invertido) (N.T.G. 410.017)

#### 3.5.6.1. Equipos

- Cono de Abrams
- Varilla de Acero Liso
- Flexometro
- Bandeja Metálica

#### 3.5.6.2. Procedimiento

- Humedecer el molde y colocarlo en una superficie plana, rígida, no absorbente y húmeda, inmediatamente llenar el molde en tres capas, cada una de aproximadamente 1/3 del volumen del molde.
- Mueva el cucharón alrededor del perímetro de la abertura del molde para asegurar una distribución pareja del concreto con una mínima segregación.
- Varillar cada capa 25 veces uniformemente en toda la sección transversal de cada capa. Para la capa del fondo es necesario inclinar la varilla ligeramente y dar aproximadamente la mitad de los golpes cerca del perímetro.

FIGURA N° 43: Ensayo de cono invertido



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Al llenar y varillar la capa superior (última capa), hacer que el concreto exceda la capacidad del molde antes de empezar a varillar, emparejar la superficie del concreto mediante el enrase y rodamiento de la varilla de apisonamiento.
- De inmediato medir el revenimiento de la mezcla midiendo los 02 diámetros más homogéneos de la muestra. Si ocurriera la desigualdad evidente de alguna parte de la masa de concreto, desechar la prueba y hacer una nueva prueba con otra porción de la muestra.




FIGURA N° 44: Determinación de revenimiento



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

3.5.6.3. Toma de Datos

TABLA N° 25 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/2"

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.		
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto		
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.	FECHA:	06/06/2016
REVENIMIENTO			
CANTERA:	MACHUPICCHU		
REVENIMIENTO PARA 1/2"			
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS			
	Diámetro 1	24	cm
	Diámetro 2	25	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS			
	Diámetro 1	23	cm
	Diámetro 2	24	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS			
	Diámetro 1	25	cm
	Diámetro 2	24	cm

**TABLA N° 26 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 3/8"**


REVENIMIENTO PARA 3/8"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		28	cm
	Diámetro 2		29	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		27	cm
	Diámetro 2		28	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		29	cm
	Diámetro 2		30	cm

**TABLA N° 27 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/4"**

REVENIMIENTO PARA 1/4"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		32	cm
	Diámetro 2		33	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		31	cm
	Diámetro 2		32	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		34	cm
	Diámetro 2		33	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 28 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Abril 1/2''**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.				
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo				
	Palomino Prudencio, Braham Roberto				
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.			FECHA:06/06/2016	
REVENIMIENTO					
CANTERA:		MACHUPICCHU			
REVENIMIENTO PARA 1/2"					
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS					
	Diámetro 1		22	cm	
	Diámetro 2		23	cm	
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS					
	Diámetro 1		21	cm	
	Diámetro 2		22	cm	
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS					
	Diámetro 1		23	cm	
	Diámetro 2		22	cm	

**TABLA N° 29 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Abril 3/8''**


REVENIMIENTO PARA 3/8"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		26	cm
	Diámetro 2		27	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		25	cm
	Diámetro 2		26	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		27	cm
	Diámetro 2		28	cm

**TABLA N° 30 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Abril 1/4"**

REVENIMIENTO PARA 1/4"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		30	cm
	Diámetro 2		31	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		29	cm
	Diámetro 2		30	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		32	cm
	Diámetro 2		31	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 31 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Huillque 1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.			
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto			
LUGAR:	Laboratorio de Materiales de la U.A.C.		FECHA:06/06/2016	
REVENIMIENTO				
CANTERA:		MACHUPICCHU		
REVENIMIENTO PARA 1/2"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		21	cm
	Diámetro 2		22	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		20	cm
	Diámetro 2		21	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		22	cm
	Diámetro 2		21	cm

**TABLA N° 32 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Huillque  
3/8"**

REVENIMIENTO PARA 3/8"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		25	cm
	Diámetro 2		26	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		24	cm
	Diámetro 2		25	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		26	cm
	Diámetro 2		27	cm

**TABLA N° 33 Datos Revenimiento del Agregado Grueso Cantera Huillque  
1/4"**

REVENIMIENTO PARA 1/4"				
PRIMERA TANDA A LOS 7 DÍAS				
	Diámetro 1		29	cm
	Diámetro 2		30	cm
SEGUNDA TANDA A LOS 14 DÍAS				
	Diámetro 1		28	cm
	Diámetro 2		29	cm
TERCERA TANDA A LOS 28 DÍAS				
	Diámetro 1		31	cm
	Diámetro 2		30	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.7. Elaboración de Briquetas de Concreto Poroso

#### 3.5.7.1. Equipos

- Mezcladora de 3 pies<sup>3</sup>
- Briquetas de 4 x 8 pulg
- Varilla de 1/4" , de 30 cm de largo liso



- Pala
- Espátula
- Recipiente
- Balanza
- Baldes

### 3.5.7.2. Procedimiento

- Se inició Preparando los moldes cilíndricos de 4x8” los cuales fueron limpiados y engrasados antes de moldear el concreto
- Una vez los cilindros estén listos para el moldeado de concreto se prosigue a la elaboración del concreto, proporcionando el peso de sus componentes según el diseño de mezcla correspondiente que para nuestro caso variaba (1/2”, 3/8” y 1/4”) En primer lugar se colocaron los componentes áridos para homogenizar la mezcla y después se agregó la cantidad requerida de agua la cual dependía según el diseño y en unos casos tendía a variar su volumen según las bacheadas de prueba.
- Se prosigue a medir el revenimiento por cada diseño de mezcla para el cual se aplicó la Norma ASTM C-143 “Método de prueba estándar para revenimiento de concreto de cemento hidráulico”. Se humedeció el Cono de Abraham antes de agregar el concreto la única variabilidad al aplicar esta prueba fue que se compacto el concreto en lugar de varillarlo.
- Se prosiguió a la elaboración de especímenes cilíndricos concreto permeable. Se llenaron los moldes de concreto en tres capas del mismo espesor de 7 cm chuseando 25 veces con la varilla en cada capa.
- Por último se da un acabado en la parte superior con la misma varilla que es uso para chusear la mezcla dando un acabado uniforme y taparlo con plástico para que no se pierda humedad esperando 24 horas para desencofrar y luego pasar al proceso de curado.

### 3.5.8. Ensayo de Permeabilidad e Infiltración de Probetas

#### 3.5.8.1. Equipos

- Equipo de Permeabilidad (Permeámetro)
- Probeta de 1000 ml
- Cronómetro
- Recipientes para el Agua

#### 3.5.8.2. Procedimiento

- Se ensambla el equipo de permeabilidad y se instala la probeta.
- Ajustar y calibrar los espacios para que el equipo de permeabilidad no resuma ni filtre agua.

FIGURA N° 45: Equipo de permeabilidad e infiltración



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Calibrar la cantidad de agua para llenar el equipo de permeabilidad.

FIGURA N° 46: Llenado de agua para determinar permeabilidad




FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Cronometrar el agua de acuerdo al momento de apertura de la llave hasta el momento que pase toda el agua calibrada y anotar.

**3.5.8.3. Toma de Datos**

**TABLA N° 34 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.				
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto				
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:11/07/2016	
PERMEABILIDAD					
CANTERA:	ENSAYO DE PERMEABILIDAD MACHUPICCHU				
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/2"	1 - M	20.10	10.10	13.35	1770
	2 - M	20.27	10.03	10.73	1700
	3 - M	20.50	10.13	11.55	1640
	4 - M	20.77	10.03	12.18	1750
	5 - M	20.70	10.00	13.46	1780
	6 - M	20.37	10.03	11.56	1810
	7 - M	20.27	10.03	11.57	1690
	8 - M	20.50	10.13	11.39	1630
	9 - M	20.77	10.03	12.02	1740
	10 - M	20.70	10.00	13.30	1770



**TABLA N° 35 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
3/8"	11 - M	20.43	10.09	18.91	1300
	12 - M	20.67	10.03	17.00	1640
	13 - M	20.83	10.07	18.61	1600
	14 - M	20.80	10.06	18.03	1630
	15 - M	20.53	10.03	18.40	1480
	16 - M	20.57	10.00	17.81	1710
	17 - M	20.67	10.03	16.84	1630
	18 - M	20.83	10.07	18.45	1590
	19 - M	20.80	10.06	17.87	1620
	20 - M	20.53	10.03	18.24	1470

**TABLA N° 36 : Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/4"	21 - M	20.23	10.03	22.48	1730
	22 - M	20.43	10.00	17.73	1740
	23 - M	20.23	10.00	17.51	1710
	24 - M	20.13	10.03	17.45	1720
	25 - M	20.93	10.07	25.65	1640
	26 - M	20.37	10.00	22.13	1685
	27 - M	20.43	10.00	17.57	1730
	28 - M	20.23	10.00	17.35	1700
	29 - M	20.13	10.03	17.29	1710
	30 - M	20.93	10.07	25.49	1630

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 37 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Abril  
1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.						
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto						
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:11/07/2016			
PERMEABILIDAD							
CANTERA:		ENSAYO DE PERMEABILIDAD ABRIL					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)		
1/2"	1 - A	21.00	10.10	13.35	1770		
	2 - A	21.00	10.10	10.73	1700		
	3 - A	21.00	10.00	11.55	1640		
	4 - A	21.00	10.07	12.18	1750		
	5 - A	20.93	10.00	13.46	1780		
	6 - A	21.00	10.03	11.56	1810		
	7 - A	20.67	10.00	12.24	1790		
	8 - A	20.20	10.00	13.21	1720		
	9 - A	20.50	10.00	13.03	1650		
	10 - A	20.87	10.13	12.51	1630		

**TABLA N° 38 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Abril  
3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
3/8"	11 - A	20.33	10.10	18.91	1300
	12 - A	20.30	10.07	17.00	1640
	13 - A	20.10	10.07	18.61	1600
	14 - A	20.17	10.03	18.03	1630
	15 - A	20.83	10.03	18.40	1480
	16 - A	20.17	10.00	17.81	1710
	17 - A	20.93	10.00	18.14	1730
	18 - A	20.70	10.00	37.43	1750
	19 - A	20.47	10.00	22.33	1710
	20 - A	20.57	10.00	18.58	1770

**TABLA N° 39 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Abril  
1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/4"	21 - A	20.10	10.03	22.48	1730
	22 - A	20.00	10.09	17.73	1740
	23 - A	19.87	10.08	17.51	1710
	24 - A	20.50	10.07	17.45	1720
	25 - A	20.17	10.03	25.65	1640
	26 - A	20.20	10.03	22.13	1685
	27 - A	20.50	10.13	26.29	1550
	28 - A	20.63	10.13	25.45	1720
	29 - A	20.40	10.18	25.21	1730
	30 - A	20.80	10.12	24.21	1700

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 40 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Huillque  
1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO						
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.					
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto					
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:11/07/2016		
PERMEABILIDAD						
CANTERA:	ENSAYO DE PERMEABILIDAD HUILLQUE					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	
1/2"	1 - H	20.60	10.00	12.02	1680	
	2 - H	20.57	10.00	11.68	1680	
	3 - H	20.27	10.07	11.63	1740	
	4 - H	20.53	10.07	12.01	1710	
	5 - H	20.77	10.00	12.30	1690	
	6 - H	20.07	10.00	12.15	1840	
	7 - H	20.57	10.00	11.37	1670	
	8 - H	20.27	10.07	11.32	1730	
	9 - H	20.53	10.07	11.70	1700	
	10 - H	20.77	10.00	11.99	1680	

**TABLA N° 41 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Huillque  
3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
3/8"	11 - H	19.83	10.07	14.85	1800
	12 - H	20.43	10.07	14.63	1690
	13 - H	20.53	10.07	14.92	1600
	14 - H	20.33	10.00	16.03	1690
	15 - H	20.20	10.07	14.25	1780
	16 - H	20.37	10.00	14.90	1650
	17 - H	20.43	10.07	14.32	1680
	18 - H	20.53	10.07	14.61	1590
	19 - H	20.33	10.00	15.72	1680
	20 - H	20.20	10.07	13.94	1770

**TABLA N° 42 Datos Permeabilidad del Agregado Grueso Cantera Huillque  
1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/4"	21 - H	20.43	10.14	22.25	1740
	22 - H	20.40	10.07	21.60	1660
	23 - H	20.03	10.00	21.36	1640
	24 - H	20.67	10.10	21.95	1710
	25 - H	20.03	10.00	16.11	1700
	26 - H	20.67	10.10	20.45	1730
	27 - H	20.40	10.07	21.29	1650
	28 - H	20.03	10.00	21.05	1630
	29 - H	20.67	10.10	21.64	1700
	30 - H	20.03	10.00	15.80	1690

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 43 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.				
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto				
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:12/07/2016	
INFILTRACIÓN					
CANTERA:		INFILTRACIÓN MACHUPICCHU			
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN. AGUA (ml)	
1/2"	1 - M	10.10	13.35	1770	
	2 - M	10.03	10.73	1700	
	3 - M	10.13	11.55	1640	
	4 - M	10.03	12.18	1750	
	5 - M	10.00	13.46	1780	
	6 - M	10.03	10.56	1810	
	7 - M	10.03	10.57	1690	
	8 - M	10.13	11.39	1630	
	9 - M	10.03	12.02	1740	
	10 - M	10.00	13.30	1770	

**TABLA N° 44 : Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 3/8"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
3/8"	11 - M	10.09	16.71	1300
	12 - M	10.03	15.00	1640
	13 - M	10.07	16.41	1600
	14 - M	10.06	15.83	1630
	15 - M	10.03	16.20	1480
	16 - M	10.00	15.81	1710
	17 - M	10.03	14.84	1630
	18 - M	10.07	16.25	1590
	19 - M	10.06	15.87	1620
	20 - M	10.03	16.04	1470

**TABLA N° 45 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Machupicchu 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/4"	21 - M	10.03	22.48	1730
	22 - M	10.00	18.23	1740
	23 - M	10.00	18.01	1710
	24 - M	10.03	17.95	1720
	25 - M	10.07	25.65	1640
	26 - M	10.00	22.13	1685
	27 - M	10.00	18.07	1730
	28 - M	10.00	17.85	1700
	29 - M	10.03	17.79	1710
	30 - M	10.07	25.49	1630

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 46 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Abril 1/2"**


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.				
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto				
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:12/07/2016	
INFILTRACIÓN					
CANTERA:		INFILTRACIÓN ABRIL			
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	
1/2"	1 - A	10.10	13.35	1770	
	2 - A	10.10	10.73	1700	
	3 - A	10.00	11.55	1640	
	4 - A	10.07	12.18	1750	
	5 - A	10.00	13.46	1780	
	6 - A	10.03	10.56	1810	
	7 - A	10.00	11.24	1790	
	8 - A	10.00	13.21	1720	
	9 - A	10.00	13.03	1650	
	10 - A	10.13	12.51	1630	



TABLA N° 47 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Abril 3/8"


TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
3/8"	11 - A	10.10	18.91	1300
	12 - A	10.07	17.00	1640
	13 - A	10.07	18.61	1600
	14 - A	10.03	18.03	1630
	15 - A	10.03	18.40	1480
	16 - A	10.00	17.81	1710
	17 - A	10.00	18.14	1730
	18 - A	10.00	37.43	1750
	19 - A	10.00	22.33	1710
	20 - A	10.00	18.58	1770

TABLA N° 48 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Abril 1/4"

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)
1/4"	21 - A	10.03	22.48	1730
	22 - A	10.09	17.73	1740
	23 - A	10.08	17.51	1710
	24 - A	10.07	17.45	1720
	25 - A	10.03	25.65	1640
	26 - A	10.03	22.13	1685
	27 - A	10.13	26.29	1550
	28 - A	10.13	25.45	1720
	29 - A	10.18	25.21	1730
	30 - A	10.12	24.21	1700

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 49 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Huillque  
1/2"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.				
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo				
	Palomino Prudencio, Braham Roberto				
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.			FECHA:12/07/2016	
INFILTRACIÓN					
CANTERA:		INFILTRACIÓN HUILLQUE			
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN. AGUA (ml)	
1/2"	1 - H	10.00	10.02	1680	
	2 - H	10.00	11.68	1680	
	3 - H	10.07	11.63	1740	
	4 - H	10.07	12.01	1710	
	5 - H	10.00	12.30	1690	
	6 - H	10.00	12.15	1840	
	7 - H	10.00	11.37	1670	
	8 - H	10.07	11.32	1730	
	9 - H	10.07	11.70	1700	
	10 - H	10.00	11.99	1680	

**TABLA N° 50 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Huillque  
3/8"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOL. AGUA (ml)
3/8"	11 - H	10.07	14.85	1800
	12 - H	10.07	14.63	1690
	13 - H	10.07	14.92	1600
	14 - H	10.00	16.03	1690
	15 - H	10.07	14.25	1780
	16 - H	10.00	14.90	1650
	17 - H	10.07	14.32	1680
	18 - H	10.07	14.61	1590
	19 - H	10.00	15.72	1680
	20 - H	10.07	13.94	1770

**TABLA N° 51 Datos Infiltración del Agregado Grueso Cantera Huillque  
1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOL. AGUA (ml)
1/4"	21 - H	10.14	22.25	1740
	22 - H	10.07	21.60	1660
	23 - H	10.00	21.36	1640
	24 - H	10.10	21.95	1710
	25 - H	10.00	16.11	1700
	26 - H	10.10	20.45	1730
	27 - H	10.07	21.29	1650
	28 - H	10.00	21.05	1630
	29 - H	10.10	21.64	1700
	30 - H	10.00	15.80	1690

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.5.9. Ensayo de Resistencia a La Compresión (NTP 339.034)

#### 3.5.9.1. Equipos

- Máquina de Compresión Axial.
- Vernier
- Regla
- Dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas

#### 3.5.9.2. Procedimiento

- El ensayo de compresión de muestras curadas en agua debe hacerse inmediatamente después de que estas han sido removidas del lugar de curado.
- La muestra no debe mantener húmeda, durante el periodo transcurrido desde su remoción del lugar de curado hasta cuando es ensayada. Debe ensayarse en condición seca.
- Colocación de la muestra. Colóquese el bloque de carga inferior sobre la plataforma de la máquina de ensayo, directamente debajo del bloque superior.

FIGURA N° 47: Briqueta colocada en máquina de compresión



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

- Aplíquese la carga hasta que la muestra falle y regístrese la carga máxima soportada por el espécimen durante el ensayo.


FIGURA N° 48: Falla de muestra, después de compresión



FUENTE: Registro Fotográfico Tesistas

3.5.9.3. Toma de Datos

TABLA N° 52 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 7 Días de 1/2"

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 25/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:	BRIQUETAS DE MACHUPICCHU A LOS 7 DÍAS						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	7	1 - M	21.00	21.00	21.00	10.00	10.00	10.00	3207.00
	7	2 - M	21.00	21.00	21.00	10.20	10.00	10.10	3160.70
	7	3 - M	21.00	21.00	21.00	10.30	10.00	10.20	3225.60
	7	4 - M	20.09	20.80	20.07	10.00	10.00	10.10	3275.60
	7	5 - M	20.05	20.50	20.05	10.00	10.00	10.20	3299.20
	7	6 - M	20.05	20.06	20.08	10.20	10.00	10.00	3189.90
	7	7 - M	21.00	21.00	21.00	10.20	10.00	10.10	3115.45
	7	8 - M	21.00	21.00	21.00	10.30	10.00	10.20	3180.35
	7	9 - M	20.09	20.80	20.07	10.00	10.00	10.10	3230.35
	7	10 - M	20.05	20.50	20.05	10.00	10.00	10.20	3253.95

**TABLA N° 53 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 7 Días de 3/8"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	7	11 - M	20.05	20.06	20.07	10.10	10.00	10.10	3410.20
	7	12 - M	20.09	20.07	20.07	10.10	10.10	10.10	3406.70
	7	13 - M	20.05	20.07	20.07	10.20	10.00	10.20	3395.10
	7	14 - M	20.05	20.05	20.05	10.20	10.10	10.10	3469.10
	7	15 - M	20.08	20.08	20.09	10.00	10.00	10.20	3354.30
	7	16 - M	20.08	20.08	20.08	10.00	10.00	10.10	3375.50
	7	17 - M	20.09	20.07	20.07	10.10	10.10	10.10	3361.45
	7	18 - M	20.05	20.07	20.07	10.20	10.00	10.20	3349.85
	7	19 - M	20.05	20.05	20.05	10.20	10.10	10.10	3423.85
	7	20 - M	20.08	20.08	20.09	10.00	10.00	10.20	3309.05


**TABLA N° 54 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 7 Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	7	11 - M	20.05	20.06	20.07	10.10	10.00	10.10	3410.20
	7	12 - M	20.09	20.07	20.07	10.10	10.10	10.10	3406.70
	7	13 - M	20.05	20.07	20.07	10.20	10.00	10.20	3395.10
	7	14 - M	20.05	20.05	20.05	10.20	10.10	10.10	3469.10
	7	15 - M	20.08	20.08	20.09	10.00	10.00	10.20	3354.30
	7	16 - M	20.08	20.08	20.08	10.00	10.00	10.10	3375.50
	7	17 - M	20.09	20.07	20.07	10.10	10.10	10.10	3361.45
	7	18 - M	20.05	20.07	20.07	10.20	10.00	10.20	3349.85
	7	19 - M	20.05	20.05	20.05	10.20	10.10	10.10	3423.85
	7	20 - M	20.08	20.08	20.09	10.00	10.00	10.20	3309.05

FUENTE: Elaboración (Propia)




**TABLA N° 55 Datos Compresión de Briquetas Cantera Machupicchu 7  
Días de 1/2", 3/8" Y 1/4"**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:25/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	MACHUPICCHU A LOS 7 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - M	4110
	2 - M	5530
	3 - M	4820
	4 - M	5110
	5 - M	5100
	6 - M	5820
	7 - M	4938
	8 - M	5220
	9 - M	5210
	10 - M	5930
3/8"	11 - M	10480
	12 - M	14100
	13 - M	12860
	14 - M	9640
	15 - M	12420
	16 - M	12930
	17 - M	13049
	18 - M	9766
	19 - M	12546
	20 - M	13056

1/4"	21 - M	12900
	22 - M	15110
	23 - M	14070
	24 - M	13860
	25 - M	14870
	26 - M	13780
	27 - M	14203
	28 - M	13993
	29 - M	15003
	30 - M	13914

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 56 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 14 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 25/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:	BRIQUETAS DE MACHUPICCHU A LOS 14 DÍAS						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	14	1 - M	20.5	20.5	20.5	10.20	10.10	10.20	3210.00
	14	2 - M	20.5	20.5	20.5	10.20	10.10	10.20	3163.70
	14	3 - M	20.5	20.5	20.5	9.90	10.00	10.10	3228.60
	14	4 - M	20.4	20.5	20.5	10.20	10.10	10.10	3278.60
	14	5 - M	20.7	20.7	20.7	10.10	10.00	10.00	3302.20
	14	6 - M	20.5	20.5	20.6	10.10	10.00	10.10	3192.90
	14	7 - M	20.5	20.5	20.5	10.20	10.10	10.20	3118.45
	14	8 - M	20.5	20.5	20.5	9.90	10.00	10.10	3183.35
	14	9 - M	20.4	20.5	20.5	10.20	10.10	10.10	3233.35
	14	10 - M	20.7	20.7	20.7	10.10	10.00	10.00	3256.95



**TABLA N° 57 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 14  
Días de 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	14	11 - M	21.0	21.0	21.0	10.00	10.00	9.90	3413.20
	14	12 - M	20.5	20.6	20.6	10.10	10.10	10.20	3409.70
	14	13 - M	20.6	20.5	20.7	10.00	10.00	9.90	3398.10
	14	14 - M	21.0	21.0	21.0	10.10	10.00	10.00	3472.10
	14	15 - M	21.0	21.0	21.0	10.20	10.20	10.20	3357.30
	14	16 - M	20.5	20.5	20.5	10.10	10.10	10.10	3378.50
	14	17 - M	20.5	20.6	20.6	10.10	10.10	10.20	3364.45
	14	18 - M	20.6	20.6	20.7	10.00	10.00	9.90	3352.85
	14	19 - M	21.0	21.0	21.0	10.10	10.00	10.00	3426.85
	14	20 - M	21.0	21.0	21.0	10.20	10.20	10.20	3312.05

**TABLA N° 58 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 14  
Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	14	21 - M	20.7	20.8	20.8	10.20	10.10	10.10	3383.80
	14	22 - M	21.0	21.0	21.0	10.00	10.00	10.00	3343.70
	14	23 - M	20.4	20.3	20.4	10.00	10.00	10.00	3465.20
	14	24 - M	20.8	20.7	20.7	10.20	10.10	10.10	3268.30
	14	25 - M	20.6	20.7	20.7	10.10	10.10	10.20	3515.50
	14	26 - M	20.5	20.5	20.5	10.00	10.00	10.00	3335.70
	14	27 - M	21.0	21.0	21.0	10.0	10.0	10.0	3298.45
	14	28 - M	20.4	20.3	20.4	10.0	10.0	10.0	3419.95
	14	29 - M	20.8	20.7	20.7	10.2	10.1	10.1	3223.05
	14	30 - M	20.6	20.7	20.7	10.1	10.1	10.2	3470.25

FUENTE: Elaboración (Propia)


**TABLA N° 59 Datos Compresión de Briquetas Cantera Machupicchu 14  
Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:25/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	MACHUPICCHU A LOS 14 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - M	6098
	2 - M	7810
	3 - M	5890
	4 - M	6470
	5 - M	5750
	6 - M	12180
	7 - M	6008
	8 - M	6580
	9 - M	5860
	10 - M	12290
3/8"	11 - M	13350
	12 - M	12330
	13 - M	12030
	14 - M	11520
	15 - M	11920
	16 - M	14130
	17 - M	12156
	18 - M	11646
	19 - M	12046
	20 - M	14256

1/4"	21 - M	15560
	22 - M	21130
	23 - M	17490
	24 - M	18510
	25 - M	14650
	26 - M	13420
	27 - M	17624
	28 - M	18644
	29 - M	14798
	30 - M	13554

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 60 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 28 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 26/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
CANTERA:		BRIQUETAS DE MACHUPICCHU A LOS 28 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	28	1 - M	20.3	20.00	20.00	10.10	10.10	10.10	3212.00
	28	2 - M	20.4	20.40	20.00	10.00	10.00	10.10	3165.70
	28	3 - M	20.7	20.40	20.40	10.10	10.10	10.20	3230.60
	28	4 - M	20.7	20.70	20.90	10.00	10.00	10.10	3280.60
	28	5 - M	20.5	20.80	20.80	10.00	10.00	10.00	3304.20
	28	6 - M	20.3	20.30	20.50	10.00	10.00	10.10	3194.90
	28	7 - M	20.4	20.40	20.00	10.00	10.00	10.10	3120.45
	28	8 - M	20.7	20.40	20.40	10.10	10.10	10.20	3185.35
	28	9 - M	20.7	20.70	20.90	10.00	10.00	10.10	3235.35
	28	10 - M	20.5	20.80	20.80	10.00	10.00	10.00	3258.95

**TABLA N° 61 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 28  
Días De 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	28	11 - M	20.5	20.40	20.40	10.15	10.00	10.12	3415.20
	28	12 - M	20.6	20.60	20.80	10.10	10.00	10.00	3411.70
	28	13 - M	20.5	21.00	21.00	10.10	10.00	10.10	3400.10
	28	14 - M	20.8	20.80	20.80	10.09	10.00	10.10	3474.10
	28	15 - M	20.4	20.60	20.60	10.10	10.00	10.00	3359.30
	28	16 - M	20.7	20.70	20.30	10.00	10.00	10.00	3380.50
	28	17 - M	20.6	20.60	20.80	10.10	10.00	10.00	3366.45
	28	18 - M	20.5	21.00	21.00	10.10	10.00	10.10	3354.85
	28	19 - M	20.8	20.80	20.80	10.09	10.00	10.10	3428.85
	28	20 - M	20.4	20.60	20.60	10.10	10.00	10.00	3314.05

**TABLA N° 62 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 28  
Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	28	21 - M	20.3	20.20	20.20	10.00	10.00	10.10	3385.80
	28	22 - M	20.4	20.40	20.50	10.00	10.00	10.00	3345.70
	28	23 - M	20.3	20.20	20.20	10.01	10.00	10.00	3467.20
	28	24 - M	20.2	20.20	20.00	10.00	10.00	10.10	3270.30
	28	25 - M	20.8	21.00	21.00	10.10	10.00	10.10	3517.50
	28	26 - M	20.3	20.30	20.50	10.00	10.00	10.00	3337.70
	28	27 - M	20.4	20.40	20.50	10.00	10.00	10.00	3300.45
	28	28 - M	20.3	20.20	20.20	10.01	10.00	10.00	3421.95
	28	29 - M	20.2	20.20	20.00	10.00	10.00	10.10	3225.05
	28	30 - M	20.8	21.00	21.00	10.10	10.00	10.10	3472.25

FUENTE: Elaboración (Propia)


**TABLA N° 63 Datos Compresión de Briquetas Cantera Machupicchu 28  
Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:26/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	MACHUPICCHU A LOS 28 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - M	11980
	2 - M	8730
	3 - M	8870
	4 - M	9490
	5 - M	10130
	6 - M	3250
	7 - M	8990
	8 - M	9602
	9 - M	10242
	10 - M	3362
3/8"	11 - M	13890
	12 - M	20290
	13 - M	17690
	14 - M	16500
	15 - M	18054
	16 - M	16740
	17 - M	17818
	18 - M	16628
	19 - M	18182
	20 - M	16868

1/4"	21 - M	23990
	22 - M	17860
	23 - M	14960
	24 - M	21020
	25 - M	24010
	26 - M	17790
	27 - M	15096
	28 - M	21156
	29 - M	24146
	30 - M	17926

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 64 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Abril 7 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:		EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.							
TESISTAS:		Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto							
LUGAR:		Laboratorio de materiales de la U.A.C.				FECHA: 27/07/2016			
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:		BRIQUETAS DE ABRIL A LOS 7 DÍAS					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	7	1 - A	20.1	20.1	20.1	10.00	10.00	10.10	3230.0
	7	2 - A	20.1	20.0	20.1	10.00	10.00	10.15	3014.1
	7	3 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3216.9
	7	4 - A	20.1	20.0	20.0	10.12	10.00	10.15	3000.9
	7	5 - A	21.0	20.1	20.1	10.21	10.10	10.10	3120.8
	7	6 - A	20.1	20.1	20.1	10.20	10.10	10.20	3037.9
	7	7 - A	20.1	20.0	20.1	10.00	10.00	10.15	3052.8
	7	8 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3135.7
	7	9 - A	20.1	20.0	20.0	10.12	10.00	10.15	3015.8
	7	10 - A	21.0	20.1	20.1	10.21	10.10	10.10	3231.8

**TABLA N° 65 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 7 Días de 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	7	11 - A	20.0	20.1	20.1	10.10	10.10	10.10	3104.7
	7	12 - A	20.1	20.1	20.1	10.20	10.00	10.10	3121.3
	7	13 - A	20.0	20.0	20.0	10.00	10.00	10.00	3091.6
	7	14 - A	20.0	20.0	20.1	10.20	10.00	10.00	3108.1
	7	15 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3138.6
	7	16 - A	20.1	20.1	20.1	10.00	10.10	10.00	3236.4
	7	17 - A	20.1	20.1	20.1	10.00	10.00	10.00	3251.3
	7	18 - A	20.0	20.0	20.0	10.00	10.00	10.00	3153.5
	7	19 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3123.0
	7	20 - A	20.0	20.0	20.1	10.20	10.10	10.10	3106.5

**TABLA N° 66 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 7 Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	7	21 - A	20.0	20.0	20.0	10.03	9.98	10.01	3317.6
	7	22 - A	20.1	20.1	20.1	10.02	10.00	10.00	3327.0
	7	23 - A	20.0	20.0	20.0	10.01	10.00	10.01	3304.5
	7	24 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3313.8
	7	25 - A	20.1	20.0	20.0	10.03	10.00	10.00	3080.1
	7	26 - A	20.1	20.0	20.0	10.02	10.01	10.01	3299.9
	7	27 - A	20.1	20.1	20.1	10.02	10.00	10.00	3314.8
	7	28 - A	20.0	20.0	20.0	10.01	10.00	10.01	3095.0
	7	29 - A	20.0	20.0	20.1	10.00	10.00	10.00	3328.7
	7	30 - A	20.1	20.0	20.0	10.03	10.00	10.00	3319.4

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 67 Datos Compresión de Briquetas Cantera Abril 7 Días**


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:27/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	ABRIL A LOS 7 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - A	5470
	2 - A	4132
	3 - A	3660
	4 - A	4690
	5 - A	5050
	6 - A	4760
	7 - A	3778
	8 - A	4800
	9 - A	5160
	10 - A	4870
3/8"	11 - A	5750
	12 - A	5010
	13 - A	9130
	14 - A	6840
	15 - A	4740
	16 - A	4340
	17 - A	9256
	18 - A	6966
	19 - A	4866
	20 - A	4466



1/4"	21 - A	8580
	22 - A	8470
	23 - A	7110
	24 - A	9010
	25 - A	8110
	26 - A	7230
	27 - A	7244
	28 - A	9144
	29 - A	8244
	30 - A	7364

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 68 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Abril 14 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 27/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
CANTERA:		BRIQUETAS DE ABRIL A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	14	1 - A	20.05	20.05	20.05	10.03	9.98	10.01	3226.03
	14	2 - A	20.05	20.04	20.05	10.02	10.00	10.00	3010.05
	14	3 - A	20.04	20.04	20.05	10.01	10.00	10.01	3212.93
	14	4 - A	20.05	20.04	20.04	10.00	10.00	10.00	2996.93
	14	5 - A	21.00	20.05	20.05	10.03	10.00	10.00	3116.83
	14	6 - A	20.06	20.05	20.05	10.02	10.01	10.01	3033.93
	14	7 - A	20.05	20.04	20.05	10.02	10.00	10.00	3048.80
	14	8 - A	20.04	20.04	20.05	10.01	10.00	10.01	3131.70
	14	9 - A	20.05	20.04	20.04	10.00	10.00	10.00	3011.80
	14	10 - A	21.00	20.05	20.05	10.03	10.00	10.00	3227.80



**TABLA N° 69 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 14  
Días de 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	14	11 - A	20.00	20.05	20.05	10.02	10.00	10.00	3100.73
	14	12 - A	20.05	20.05	20.07	10.02	10.00	10.01	3117.25
	14	13 - A	20.03	20.04	20.03	10.02	10.00	10.01	3087.63
	14	14 - A	20.02	20.03	20.05	10.02	10.00	10.01	3104.13
	14	15 - A	20.01	20.02	20.06	10.01	10.00	10.01	3134.63
	14	16 - A	20.05	20.05	20.05	10.02	10.01	10.00	3232.43
	14	17 - A	20.05	20.05	20.07	10.02	10.00	10.01	3247.30
	14	18 - A	20.03	20.04	20.03	10.02	10.00	10.01	3149.50
	14	19 - A	20.02	20.03	20.05	10.02	10.00	10.01	3119.00
	14	20 - A	20.01	20.02	20.06	10.01	10.00	10.01	3102.50

**TABLA N° 70 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 14  
Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	14	21 - A	20.03	20.02	20.02	10.00	10.00	10.00	3313.63
	14	22 - A	20.08	20.06	20.07	10.01	10.01	10.01	3322.95
	14	23 - A	20.00	20.00	20.01	10.02	10.01	10.00	3300.53
	14	24 - A	20.04	20.04	20.05	10.02	10.00	10.00	3309.83
	14	25 - A	20.05	20.03	20.02	10.02	10.00	10.00	3076.13
	14	26 - A	20.05	20.04	20.04	10.01	10.00	10.01	3295.93
	14	27 - A	20.08	20.06	20.07	10.01	10.01	10.01	3310.80
	14	28 - A	20.00	20.00	20.01	10.02	10.01	10.00	3091.00
	14	29 - A	20.04	20.04	20.05	10.02	10.00	10.00	3324.70
	14	30 - A	20.05	20.03	20.02	10.02	10.00	10.00	3315.40

FUENTE: Elaboración (Propia)


**TABLA N° 71 Datos Compresión de Briquetas Cantera Abril 14 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:27/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	ABRIL A LOS 7 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - A	5670.0
	2 - A	5610.0
	3 - A	3800.0
	4 - A	6950.0
	5 - A	6580.0
	6 - A	5520.0
	7 - A	3917.8
	8 - A	6060.0
	9 - A	6690.0
	10 - A	5630.0
3/8"	11 - A	7590
	12 - A	5890
	13 - A	7760
	14 - A	7070
	15 - A	5590
	16 - A	6700
	17 - A	7886
	18 - A	7196
	19 - A	5716
	20 - A	6826

1/4"	21 - A	9320
	22 - A	6270
	23 - A	9870
	24 - A	9290
	25 - A	8370
	26 - A	9110
	27 - A	10004
	28 - A	9424
	29 - A	8503
	30 - A	9244

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 72 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Abril 28 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 28/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:	BRIQUETAS DE ABRIL A LOS 28 DÍAS						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	28	1 - A	21.00	21.00	21.00	10.10	10.10	10.10	3241.03
	28	2 - A	21.00	21.00	21.00	10.20	10.00	10.10	3025.05
	28	3 - A	21.00	21.00	21.00	10.00	10.00	10.00	3227.93
	28	4 - A	21.00	21.00	21.00	10.20	10.00	10.00	3011.93
	28	5 - A	20.80	21.00	21.00	10.00	10.00	10.00	3131.83
	28	6 - A	21.00	21.00	21.00	10.00	10.10	10.00	3048.93
	28	7 - A	20.50	20.50	21.00	10.00	10.00	10.00	3063.80
	28	8 - A	20.00	20.30	20.30	10.00	10.00	10.00	3146.70
	28	9 - A	20.50	20.50	20.50	10.00	10.00	10.00	3026.80
	28	10 - A	20.80	20.90	20.90	10.20	10.10	10.10	3242.80

**TABLA N° 73 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 28  
Días de 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	28	11 - A	20.00	20.50	20.50	10.10	10.10	10.10	3115.73
	28	12 - A	20.50	20.20	20.20	10.10	10.00	10.10	3132.25
	28	13 - A	20.30	20.00	20.00	10.10	10.00	10.10	3102.63
	28	14 - A	20.50	20.00	20.00	10.00	10.00	10.10	3119.13
	28	15 - A	20.50	21.00	21.00	10.10	10.00	10.00	3149.63
	28	16 - A	20.50	20.00	20.00	10.00	10.00	10.00	3247.43
	28	17 - A	21.00	21.00	20.80	10.00	10.00	10.00	3262.30
	28	18 - A	20.50	20.80	20.80	10.00	10.00	10.00	3164.50
	28	19 - A	20.50	20.50	20.40	10.00	10.00	10.00	3134.00
	28	20 - A	20.70	20.50	20.50	10.00	10.00	10.00	3117.50

**TABLA N° 74 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Machupicchu 28  
Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	28	21 - A	20.30	20.00	20.00	10.10	10.00	10.00	3328.63
	28	22 - A	20.00	20.00	20.00	10.10	10.00	10.18	3337.95
	28	23 - A	20.00	19.80	19.80	10.10	10.00	10.15	3315.53
	28	24 - A	20.50	20.50	20.50	10.10	10.00	10.10	3324.83
	28	25 - A	20.50	20.00	20.00	10.00	10.00	10.10	3091.13
	28	26 - A	20.20	20.20	20.20	10.00	10.00	10.10	3310.93
	28	27 - A	20.40	20.40	20.70	10.20	10.10	10.10	3325.80
	28	28 - A	20.50	20.70	20.70	10.20	10.10	10.10	3106.00
	28	29 - A	20.30	20.30	20.60	10.20	10.20	10.15	3339.70
	28	30 - A	20.80	20.80	20.80	10.20	10.10	10.07	3330.40

FUENTE: Elaboración (Propia)

TABLA N° 75 Datos Compresión de Briquetas Cantera Abril 28 Días

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:28/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	ABRIL A LOS 7 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - A	6710
	2 - A	5372
	3 - A	4900
	4 - A	5930
	5 - A	6290
	6 - A	6000
	7 - A	5420
	8 - A	5890
	9 - A	6530
	10 - A	9420
3/8"	11 - A	6990
	12 - A	6250
	13 - A	10370
	14 - A	8080
	15 - A	5980
	16 - A	5580
	17 - A	7740
	18 - A	5770
	19 - A	9470
	20 - A	8640

1/4"	21 - A	9820
	22 - A	9710
	23 - A	8350
	24 - A	10250
	25 - A	9350
	26 - A	8470
	27 - A	19090
	28 - A	13040
	29 - A	15090
	30 - A	12480

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 76 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huillque 7 Días**


UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 28/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
		CANTERA:	BRIQUETAS DE HUILLQUE A LOS 7 DÍAS						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	7	1 - H	20.70	20.80	21.00	10.00	10.00	10.10	3300.9
	7	2 - H	21.00	20.90	21.00	10.10	10.00	10.00	3156.4
	7	3 - H	21.00	21.00	21.00	10.20	10.10	10.10	3163.8
	7	4 - H	21.20	21.00	21.10	10.20	10.10	10.00	3048.9
	7	5 - H	21.10	21.10	21.20	10.00	10.10	10.00	3127.7
	7	6 - H	21.20	21.20	21.20	10.00	10.00	10.00	3044.2
	7	7 - H	21.00	20.90	21.00	10.10	10.00	10.00	3082.2
	7	8 - H	21.00	21.00	21.00	10.20	10.10	10.10	3089.6
	7	9 - H	21.20	21.00	21.10	10.20	10.10	10.00	2974.7
	7	10 - H	21.10	21.10	21.20	10.00	10.10	10.00	3053.5

TABLA N° 77 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huillque 7 Días de  
3/8"

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	7	11 - H	20.50	20.40	20.30	10.00	10.00	10.10	3007.6
	7	12 - H	20.30	20.40	20.50	10.00	10.00	10.10	3297.9
	7	13 - H	20.30	20.30	20.30	10.00	10.00	10.10	3210.8
	7	14 - H	20.60	20.50	20.60	10.00	10.00	10.00	3235.5
	7	15 - H	20.50	20.60	20.80	10.00	10.00	10.00	3105.2
	7	16 - H	20.30	20.30	20.40	10.00	10.00	10.00	3148.8
	7	17 - H	20.30	20.40	20.50	10.00	10.00	10.10	3223.7
	7	18 - H	20.30	20.30	20.30	10.00	10.00	10.10	3136.6
	7	19 - H	20.60	20.50	20.60	10.00	10.00	10.00	3161.3
	7	20 - H	20.50	20.60	20.80	10.00	10.00	10.00	3031.0


TABLA N° 78 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huillque 7 Días de  
1/4"

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	7	21 - H	20.40	20.50	20.60	10.00	10.00	10.10	3296.9
	7	22 - H	20.40	20.30	20.30	10.00	10.00	10.15	3400.6
	7	23 - H	20.40	20.40	20.30	10.00	10.00	10.00	3171.6
	7	24 - H	20.60	20.50	20.60	10.12	10.00	10.15	3281.7
	7	25 - H	20.60	20.50	20.60	10.21	10.10	10.10	3178.6
	7	26 - H	20.50	20.50	20.50	10.20	10.10	10.20	3276.7
	7	27 - H	20.40	20.30	20.30	10.00	10.00	10.15	3326.4
	7	28 - H	20.40	20.40	20.30	10.00	10.00	10.00	3097.4
	7	29 - H	20.60	20.50	20.60	10.12	10.00	10.15	3207.5
	7	30 - H	20.60	20.50	20.60	10.21	10.10	10.10	3104.4

FUENTE: Elaboración (Propia)




**TABLA N° 79 Datos Compresión de Briquetas Cantera Huillque 7 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:28/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	HUILLQUE A LOS 7 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - H	5700.0
	2 - H	5750.0
	3 - H	5540.0
	4 - H	5030.0
	5 - H	3910.0
	6 - H	5940.0
	7 - H	5557.0
	8 - H	4139.0
	9 - H	4020.0
	10 - H	4058.0
3/8"	11 - H	8660
	12 - H	9500
	13 - H	6930
	14 - H	10620
	15 - H	9310
	16 - H	6320
	17 - H	7056
	18 - H	10746
	19 - H	9436
	20 - H	6445

1/4"	21 - H	7750
	22 - H	5700
	23 - H	7070
	24 - H	7210
	25 - H	15910
	26 - H	9000
	27 - H	7203
	28 - H	7344
	29 - H	16043
	30 - H	9134

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 80 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huillque 14 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 28/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
CANTERA:		BRIQUETAS DE HUILLQUE A LOS 14 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	14	1 - H	20.5	20.7	20.7	10.1	10.0	10.0	3210
	14	2 - H	20.8	20.4	20.4	10.2	10.0	10.0	3280
	14	3 - H	20.5	20.4	20.4	10.1	10.1	10.1	2895
	14	4 - H	20.3	20.5	20.4	10.1	10.1	10.1	3060
	14	5 - H	19.8	20.3	20.0	10.2	10.1	10.1	3045
	14	6 - H	20.2	20.2	20.3	10.1	10.1	10.1	3243
	14	7 - H	20.8	20.4	20.4	10.2	10.0	10.0	3063
	14	8 - H	20.5	20.4	20.4	10.1	10.1	10.1	3023
	14	9 - H	20.3	20.5	20.4	10.1	10.1	10.1	3008
	14	10 - H	19.8	20.3	20.0	10.2	10.1	10.1	2792

**TABLA N° 81 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huilque 14 Días de 3/8"**


TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	14	11 - H	20.5	20.3	20.3	10.1	10.1	10.1	3280
	14	12 - H	20.0	20.0	20.0	10.1	10.1	10.2	3210
	14	13 - H	20.4	20.4	20.4	10.0	10.0	10.0	3340
	14	14 - H	20.2	20.5	20.5	10.1	10.0	10.0	3210
	14	15 - H	20.5	20.5	20.5	10.0	10.0	10.0	3245
	14	16 - H	20.2	20.4	20.4	10.1	10.0	10.0	3190
	14	17 - H	20.0	20.0	20.0	10.1	10.1	10.2	3303
	14	18 - H	20.4	20.4	20.4	10.0	10.0	10.0	3173
	14	19 - H	20.2	20.5	20.5	10.1	10.0	10.0	3208
	14	20 - H	20.5	20.5	20.5	10.0	10.0	10.0	3153

**TABLA N° 82 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huilque 14 Días de 1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	14	21 - H	20.5	20.4	20.4	10.2	10.0	10.0	3340
	14	22 - H	20.3	20.2	20.3	10.0	10.0	10.1	3345
	14	23 - H	20.8	20.7	20.7	10.0	10.0	10.0	3360
	14	24 - H	20.9	20.9	20.9	10.0	10.1	10.1	3275
	14	25 - H	20.7	20.8	20.8	10.1	10.1	10.1	3325
	14	26 - H	20.6	20.7	20.7	10.0	10.0	10.0	3410
	14	27 - H	20.30	20.20	20.30	10.00	10.00	10.10	3323
	14	28 - H	20.80	20.70	20.70	10.00	10.00	10.00	3238
	14	29 - H	20.90	20.90	20.90	10.00	10.10	10.10	3288
	14	30 - H	20.70	20.80	20.80	10.10	10.10	10.10	3373

FUENTE: Elaboración (Propia)


TABLA N° 83 Datos Compresión de Briquetas Cantera Huillque 14 Días

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:29/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	HUILLQUE A LOS 14 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - H	5980
	2 - H	7190
	3 - H	4920
	4 - H	5390
	5 - H	6960
	6 - H	7100
	7 - H	5038
	8 - H	5500
	9 - H	7070
	10 - H	7210
3/8"	11 - H	10110
	12 - H	9060
	13 - H	11110
	14 - H	10210
	15 - H	10600
	16 - H	9870
	17 - H	11236
	18 - H	10336
	19 - H	10726
	20 - H	9996

1/4"	21 - H	12670
	22 - H	15780
	23 - H	10400
	24 - H	9660
	25 - H	9210
	26 - H	12290
	27 - H	10534
	28 - H	9793
	29 - H	9343
	30 - H	12424

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 84 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huillque 28 Días**

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.								
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto								
LUGAR:	Laboratorio de materiales de la U.A.C.						FECHA: 29/07/2016		
CARACTERÍSTICAS BRIQUETAS									
CANTERA:			BRIQUETAS DE HUILLQUE A LOS 28 DÍAS						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/2"	28	1 - H	20.50	20.60	20.70	10.00	10.00	10.00	3313.90
	28	2 - H	20.80	20.40	20.50	10.00	10.00	10.00	3169.40
	28	3 - H	20.90	19.90	20.00	10.10	10.10	10.00	3176.80
	28	4 - H	20.70	20.40	20.50	10.10	10.00	10.10	3061.90
	28	5 - H	21.00	20.60	20.70	10.00	10.00	10.00	3140.70
	28	6 - H	20.30	19.90	20.00	10.00	10.00	10.00	3057.20
	28	2 - H	20.80	20.40	20.50	10.00	10.00	10.00	3095.20
	28	3 - H	20.90	19.90	20.00	10.10	10.10	10.00	3102.60
	28	4 - H	20.70	20.40	20.50	10.10	10.00	10.10	2987.70
	28	5 - H	21.00	20.60	20.70	10.00	10.00	10.00	3066.50

**TABLA N° 85 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huilque 28 Días de  
3/8"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
3/8"	28	7 - H	20.00	19.70	19.80	10.10	10.10	10.00	3020.60
	28	8 - H	20.40	20.40	20.50	10.10	10.00	10.10	3310.90
	28	9 - H	20.70	20.40	20.50	10.10	10.10	10.00	3223.80
	28	10 - H	20.50	20.20	20.30	10.00	10.00	10.00	3248.50
	28	11 - H	20.30	20.10	20.20	10.10	10.10	10.00	3118.20
	28	12 - H	20.40	20.30	20.40	10.00	10.00	10.00	3161.80
	28	8 - H	20.40	20.40	20.50	10.10	10.00	10.10	3236.70
	28	9 - H	20.70	20.40	20.50	10.10	10.10	10.00	3149.60
	28	10 - H	20.50	20.20	20.30	10.00	10.00	10.00	3174.30
	28	11 - H	20.30	20.10	20.20	10.10	10.10	10.00	3044.00


**TABLA N° 86 Datos Aceptación de Briquetas Cantera Huilque 28 Días de  
1/4"**

TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (días)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)			DIÁMETRO (cm)			PESO (kgf)
			H1	H2	H3	D1	D2	D3	
1/4"	28	13 - H	20.40	20.40	20.50	10.21	10.10	10.10	3309.90
	28	14 - H	20.70	20.20	20.30	10.10	10.00	10.10	3413.60
	28	15 - H	20.00	20.00	20.10	10.00	10.00	10.00	3184.60
	28	16 - H	20.50	20.70	20.80	10.10	10.10	10.10	3294.70
	28	17 - H	20.00	20.00	20.10	10.00	10.00	10.00	3191.60
	28	18 - H	20.50	20.70	20.80	10.10	10.10	10.10	3289.70
	28	14 - H	20.70	20.20	20.30	10.10	10.00	10.10	3339.40
	28	15 - H	20.00	20.00	20.10	10.00	10.00	10.00	3110.40
	28	16 - H	20.50	20.70	20.80	10.10	10.10	10.10	3220.50
	28	17 - H	20.00	20.00	20.10	10.00	10.00	10.00	3117.40

FUENTE: Elaboración (Propia)



TABLA N° 87 Datos Compresión de Briquetas Cantera Huillque 28 Días

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
TESIS:	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA PERMEABILIDAD, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON CEMENTO IP Y AGREGADO DE 1/4", 3/8" Y 1/2" DE LAS CANTERAS DE MACHUPICCHU, ABRIL Y HUILLQUE.	
TESISTAS:	Leiva Marin, Michael Marcelo Palomino Prudencio, Braham Roberto	
LUGAR:	Laboratorio de materiales de LA U.A.C.	FECHA:29/07/2016
ROTURA DE BRIQUETAS		
CANTERA:	HUILLQUE A LOS 28 DÍAS	
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	FUERZA kg-f
1/2"	1 - H	6470
	2 - H	5460
	3 - H	7490
	4 - H	8690
	5 - H	7660
	6 - H	6743
	7 - H	7610
	8 - H	8802
	9 - H	7772
	10 - H	6855
3/8"	11 - H	9530
	12 - H	14700
	13 - H	12880
	14 - H	14050
	15 - H	10020
	16 - H	8710
	17 - H	13008
	18 - H	14178
	19 - H	10148
	20 - H	8838



1/4"	21 - H	14200
	22 - H	17910
	23 - H	12740
	24 - H	15920
	25 - H	14086
	26 - H	14608
	27 - H	12876
	28 - H	16056
	29 - H	14222
	30 - H	14744

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6. Procesamiento de Análisis de Datos

#### 3.6.1. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera De Machupicchu

##### 3.6.1.1. Granulometría del Agregado Grueso

##### 3.6.1.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Los resultados del ensayo análisis granulométrico se reportan llenando la tabla granulométrica del agregado grueso el cual cumple con la norma técnica NTP 400.012. Los cuales nos indican porcentajes de partículas aceptables para los diferentes tamaños retenidos en los tamices normalizados para comprobar si el material se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33.

**TABLA N° 88 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Cantera de Machupicchu.**

PESO DEL RECIPIENTE	0.81	kgf
PESO TOTAL	15.81	kgf
PESO DE LA MUESTRA	15.00	kgf



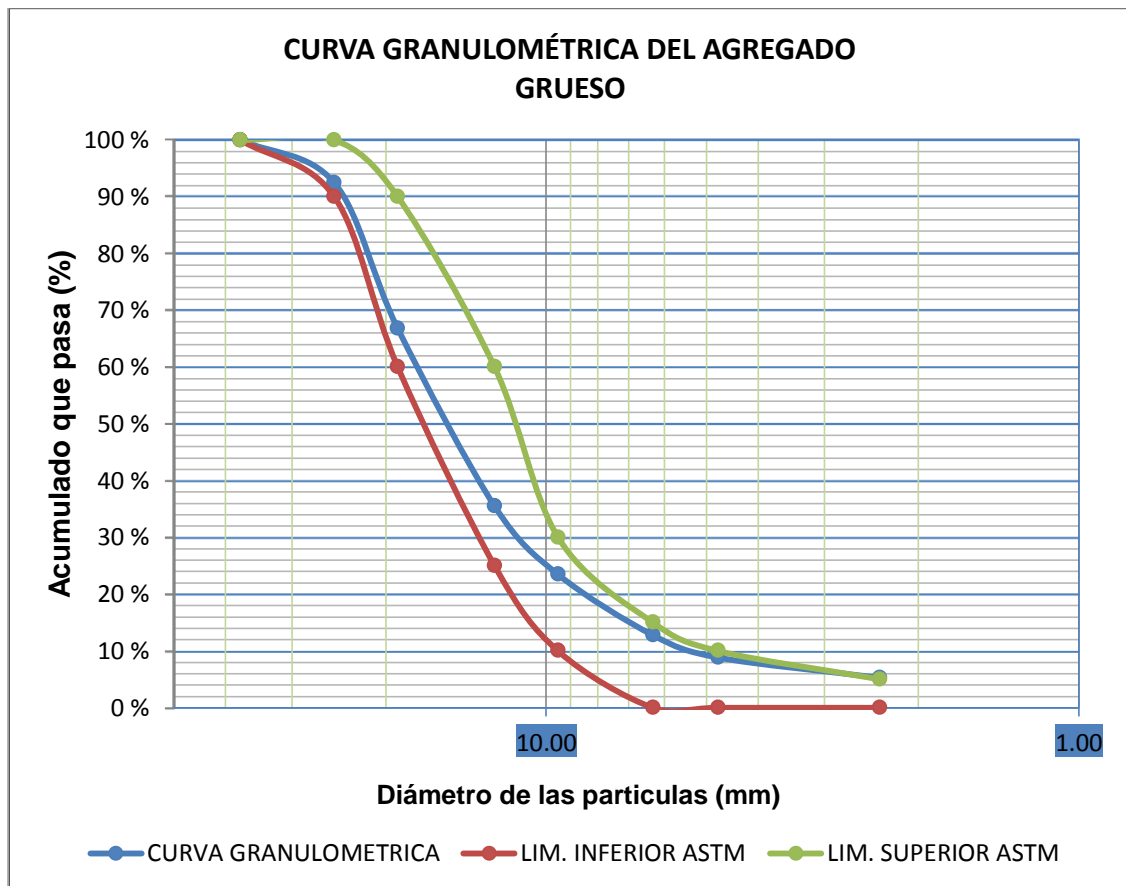
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)	CORRECCIÓN (kgf)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	1.13	1.13	7.54	7.54	92.46
3/4"	19.00	3.85	3.85	25.68	33.21	66.79
1/2"	12.50	4.69	4.69	31.28	64.49	35.51
3/8"	9.50	1.77	1.81	12.04	76.53	23.47
1/4"	6.30	1.55	1.61	10.70	87.23	12.77
N° 4	4.75	0.53	0.59	3.93	91.16	8.84
N°8	2.36	0.48	0.54	3.57	94.73	5.27
FONDO		0.73	0.79	5.27	100.00	0.00
TOTAL		<b>14.72</b>	<b>15.00</b>	<b>100.00</b>		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**Análisis:** Se puede observar que el mayor retenido se encuentra en el tamiz 1/2" y que la gradación del agregado grueso es variable.

**3.6.1.1.2. Diagrama**

FIGURA N° 49: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Machupicchu.



FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso

En el ensayo de la granulometría del agregado grueso para la cantera de Abril, se determina que se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, siendo este agregado apto para la fabricación del concreto permeable.

### 3.6.1.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso

#### 3.6.1.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Para poder determinar el contenido de humedad del agregado fino se utilizara los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$\% H. = \frac{W-D}{D} * 100$$

- Peso antes del horno  
P.A.H. = 3.89 kgf
  
- Peso después del horno  
P.D.H. = 3.80 kgf

#### 3.6.1.2.2. Tablas

**TABLA N° 89 Calculo del Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.89	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.80	kgf
PORCENTAJE DE HUMEDAD		2.43	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

#### 3.6.1.2.3. Análisis de la Prueba

El contenido de humedad del agregado grueso se realizó con material de la cantera de Abril el cual contiene 2.43 % el cual tiene un valor alto ya que este agregado es un material que retiene el agua en sus poros.

**3.6.1.3. Peso Específico de los Agregado Grueso**

**3.6.1.3.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba**

- Peso específico de masa:

$$P. E. M. = \frac{3.80 \text{ kgf}}{3.85 \text{ kg} - 2.36 \text{ kgf}} = 2.55 \times 1000 = 2548 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P. E. M. S. S. S. = \frac{3.85 \text{ kgf}}{3.85 \text{ kgf} - 2.36 \text{ kgf}} = 2.58 \times 1000 = 2579 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico aparente:

$$P. E. A. = \frac{3.80 \text{ kgf}}{3.80 \text{ kgf} - 2.36 \text{ kgf}} = 2.63 \times 1000 = 2629 \text{ kgf/m}^3$$

- Absorción:

$$AB. = \frac{3.85 \text{ kgf} - 3.80 \text{ kgf}}{3.80 \text{ kgf}} * 100 = 1.22 \%$$

**3.6.1.3.2. Tablas**

**TABLA N° 90 Cálculo del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
A =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL HORNO	3.80	kgf
B =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	3.85	kgf
C =	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	2.36	kgf
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA		2548	Kgf/m <sup>3</sup>
ABSORCIÓN		1.22	%

FUENTE: Elaboración (Propia)



### 3.6.1.3.3. Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso

La importancia de esta propiedad radica en la obtención de los volúmenes que ocupara un agregado en el concreto de manera más exacta. De los valores obtenidos de  $2.55 \text{ gr/cm}^3$ , se deduce que el agregado tiene un regular peso específico, pues el canto rodado se hace más resistente debido a la erosión sufrida en su transporte por el río que la de Machupicchu.

### 3.6.1.4. Peso Unitario del Agregado Grueso

#### 3.6.1.4.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

##### 3.6.1.4.1.1. Peso Unitario (Suelto) Cantera de Machupicchu

- Características del Molde

$$\text{Peso} = 5.45 \text{ kgf}$$

$$\text{Volumen} = 0.006 \text{ m}^3$$

- Peso del molde más agregado grueso

$$\text{P.M.} + \text{A.G.} = 14.24 \text{ kgf}$$

- Peso Agregado Grueso

$$\text{P.A.G.} = 14.24 \text{ kgf} - 5.45 \text{ kgf} = 8.79 \text{ kgf}$$

- Peso unitario suelto

$$\text{P.U.S.} = \frac{8.79}{0.006} = 1565.27 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2548/1000) * 998 - 1492.83 * 100}{(2548/1000) * 998} = 38.44 \%$$

**3.6.1.4.1.2. Peso Unitario (Compactado) Cantera de Machupicchu**

- Características del Molde

Peso = 5.45 kgf

Volumen = 0.006 m<sup>3</sup>

- Peso del molde más agregado grueso

P.M. + A.G. = 14.97 kgf

- Peso Agregado Grueso

P.A.G. = 14.97 kgf - 5.45kgf = 9.52 kgf

- Peso unitario compactado

$$P.U.C. = \frac{9.52}{0.006} = 1696.5 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2548/1000) * 998 - 1696.5}{(2548/1000) * 998} = 33.28 \%$$
**3.6.1.4.2. Tablas****TABLA N° 91 Cálculo del Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso**

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m <sup>3</sup>
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	14.24	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	8.79	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2548	kgf/m <sup>3</sup>
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO		1565.27	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE VACÍO		38.44	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

TABLA N° 92 Cálculo del Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m <sup>3</sup>
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	14.97	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	9.52	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2548	kgf/m <sup>3</sup>
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO		1696.50	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE VACÍO		33.28	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.4.3. Análisis de la Prueba

El peso unitario del agregado grueso es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente. Para realizar una buena dosificación por volumen, es necesario conocer los valores de peso unitario suelto y compactado, en este caso de la cantera de Abril en estado suelto es de 1565.27 kgf/m<sup>3</sup>, para peso unitario compactado se obtuvo 1696.50 kgf/m<sup>3</sup>.

### 3.6.1.5. Prueba de Abrasión los Ángeles

#### 3.6.1.5.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las taras  
Peso Tara 1=0.58 kgf  
Peso Tara 2=0.40 kgf
- Peso del agregado grueso  
P.A.G. = 5.12 kgf = A
- Peso sometido a la máquina de los ángeles  
P.S.M.A. = 4.61 kgf = B
- Peso despojos del agregado grueso  
P.D.A.G. = 0.50 kgf
- Porcentaje de desgaste  
$$C = \frac{(A-B)}{A} * 100 \quad C = \frac{5.12-4.61}{5.12} * 100 = 10 \%$$

### 3.6.1.5.2. Tablas

**TABLA N° 93 Calculo de la Prueba de Abrasión de los Ángeles**

PRUEBA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
T1	TARA 1	0.58	kgf
P.A.G.	PESO DEL AGREGADO GRUESO	5.12	kgf
P.S.M.A.	PESO SOMETIDO A LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	4.61	kgf
T2	TARA 2	0.40	kgf
P.D.A.G.	PESO DESPOJOS DEL AGREGADO GRUESO	0.50	kgf
A.	PESO AGREGADO ANTES DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	5.12	kgf
B.	PESO AGREGADO DESPUÉS DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	4.61	kgf
C.	PORCENTAJE DE DESGASTE	10	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

### 3.6.1.5.3. Análisis

Según los resultados obtenidos en el laboratorio se puede determinar que contamos con un agregado de muy alta resistencia al desgaste. Por lo tanto que dicho agregado es apto para el diseño de la mezcla de concreto permeable, ya que nos podría garantizar buenos resultados al ser utilizado debido a la dureza que presenta al ser sometido a fricciones junto con las esferas.

También se puede tener en cuenta que las propiedades de los agregados dependen principalmente de las características de la roca madre de donde proviene que es la cantera de Machupicchu. El porcentaje de desgaste de 9.9 % sirve para la fabricación de concreto permeable y sus distintos usos.

### 3.6.1.6. Diseño De Mezclas

#### 3.6.1.6.1. Procesamiento de Análisis de Datos Diseño de Mezclas Cantera Machupicchu Agregado De 1/2"

En este paso se procede a diseñar una mezcla de concreto, cuya resistencia a la compresión, es de  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, asumiendo que la elaboración del concreto va a tener un grado de control bueno. Las condiciones de obra requieren una mezcla seca. El concreto será expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado) ni contendrá aditivos.

El método a emplear para el diseño de mezclas es el Método A.C.I. 211,2-98 para concreto liviano o sin finos.

**3.6.1.6.2. Datos Obtenidos de los Componentes del Concreto**

Mediante los ensayos realizados anteriormente a los componentes del concreto, se ha obtenido los siguientes datos, siendo de mucha importancia para la realización del diseño de mezclas.

a) Agregados

- ✓ Agregado de la Cantera de Machupicchu

**TABLA N° 94: Datos del Agregado Grueso**

DATOS DEL AGREGADO GRUESO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2548	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO	1696	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.431	%
ABSORCIÓN	1.218	%
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1/2"	Pulgada

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

- ✓ Agregado Fino Estándar (Se tomó datos de un agregado fino adecuadamente calibrado para diseños eficientes en la ciudad del Cusco, provenientes de la mezcla de las Canteras de Cunyac y Huambutio mezclados en proporciones de 40% y 60% respectivamente)

**TABLA N° 95 Datos Del Agregado Fino Estándar**

DATOS DEL AGREGADO FINO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2790	kgf/m <sup>3</sup>
MÓDULO DE FINEZA	2.69	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.34	%
ABSORCIÓN	1.32	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

b) Cemento

- ✓ Cemento Yura Tipo Portland IP
- ✓ Peso Específico 2820 Kgf/m<sup>3</sup>

c) Agua

- ✓ Agua Potable NTP 339.088 (Requisitos de Agua de Mezcla)

d) Resistencia A La Compresión

- ✓  $f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$



**3.6.1.6.3. Pasos para el Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI. 211,2-98****1. Calculo De La Resistencia Promedio**

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión aun cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos que el  $f'c$  especificado.

Se puede considerar la resistencia promedio con que uno debe diseñar una mezcla, teniendo en cuenta lo siguiente  $f'cr$  tomando en cuenta la siguiente tabla:

**TABLA N° 96 Resistencia a la Compresión Promedio**

$f'c$	$f'cr$
MENOS DE 210	$f'c+70$
<b>210 A 350</b>	<b><math>f'c+84</math></b>
SOBRE 350	$f'c+98$

FUENTE: ACI. 211,2-98

$$f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 210 + 84$$

$$f'cr = 294 \text{ kgf/cm}^2$$

**2. Determinar el Tipo de Asentamiento y Tamaño Máximo Nominal del Agregado****3.**

El asentamiento se calcula de acuerdo a la tabla siguiente:

**TABLA N° 97 Consistencia y Asentamientos**

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" (0mm) a 2" (50mm)
PLÁSTICA	3" (75mm) a 4" (100mm)
FLUIDA	$\geq 5"$ (125mm)

FUENTE: ACI. 211,2-98

$$\text{Slump} = 3''$$

Tamaño máximo nominal, obtenido de los Datos de los agregados previos al Diseño de Mezclas.

$$\text{Tamaño Máximo Nominal} = 1/2''$$

**4. Determinar el Contenido de Agua de Diseño y el Contenido de Aire****Atrapado**

Se determina el contenido de Agua de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso, el cual es de 1/2 pulg., así como también el aire incorporado que tendrá el concreto. Para ello se emplea la siguiente tabla:

**TABLA N° 98 “Requisitos Aproximados de Agua de Mezcla y Contenido de Aire para Diferentes Depresiones y Tamaños Máximos Nominales de Agregados”**

SLUMP, EN HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO	AGUA LB/YD <sup>3</sup> DE HORMIGÓN PARA TAMAÑOS NOMINALES INDICADAS DE AGREGADOS		
	3/8" PULGADA.	1/2" PULGADA	3/4" PULGADA
1 – 2	305	295	280
3 – 4	340	325	305
5 – 6	355	335	315
<b>CONTENIDO DE MEDIA RECOMENDADA + AIRE TOTAL, PORCENTAJE, POR NIVEL DE EXPOSICIÓN</b>			
Exposición leve	4.5	4.0	4.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0
Una exposición extrema	7.5	7.0	6.0
<b>HORMIGÓN SIN AIRE INCORPORADO</b>			
1 – 2	350	335	315
3 – 4	385	365	340
5 – 6	400	375	350
Cantidad aproximada de aire atrapado en el hormigón celular no aire	3	2.5	2

FUENTE: ACI. 211,2-98

De acuerdo a la Tabla N° 77 de volumen unitario del agua confeccionada por el comité 211 del ACI, que se toma en cuenta el Tamaño Máximo Nominal, su asentamiento o slump y teniendo en cuenta si tiene o no aire incorporado.

En nuestro caso el Tamaño Máximo Nominal es de 1/2", el slump varía de 3"-4", y sin aire incorporado el valor sería:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup>**

Se convierte a unidades convencionales:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup> = 216.55 Kgf**

Por tanto el Volumen de Agua de Mezcla sería:

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = \frac{216.55 \text{ Kgf}}{1000 \text{ Kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = 0.217 \text{ m}^3$$

## 5. Determinar la Relación Agua Cemento (A/C)

Se determina la relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto, empleando la siguiente tabla:

**TABLA N° 99 Relación Agua- Cemento y Resistencia a Compresión del Concreto**

FUERZA COMPRESIVA A LOS 28 DÍAS, PSI	RELACIÓN AGUA-CEMENTO APROXIMADA, EN PESO	
	HORMIGÓN NO CON AIRE INCORPORADO	HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO
6000	0.41	-
<b>5000 (350)</b>	<b>0.48</b>	<b>0.40</b>
<b>4000 (280)</b>	<b>0.57</b>	<b>0.48</b>
3000 (210)	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

FUENTE: ACI. 211,2-98

Ya que el valor que nosotros necesitamos es de  $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$ , interpolamos los datos para obtener la adecuada relación a/c:

$$\begin{array}{l} 350 \text{ ----- } 0.48 \\ 294 \text{ ----- } X \\ 280 \text{ ----- } 0.57 \end{array}$$

$$X = 0.57 - \frac{(280 - 294)(0.57 - 0.48)}{(280 - 350)}$$

$$X = 0.55$$

Existe una corrección de la relación a/c recomendación de exposición al congelamiento y descongelamiento ACI 211,2-98, la cual recomienda subir la relación de a/c, por ello la nueva relación a/c será:

$$X = 0.50$$

**6. Calcular el Factor Cemento (F'c) y Volumen del Cemento**

Se calculó el factor cemento con la relación agua cemento y peso del Agua de mezcla:

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c}$$

$$FC = \frac{216.55 \text{ Kgf}}{0.50} = 433.11 \text{ kgf}$$

Se calculó el volumen del Cemento dividiendo el Peso del cemento entre el peso específico del Cemento Yura tipo IP:

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico del Cemento}}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{433.11 \text{ kgf}}{2820 \text{ kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = 0.154 \text{ m}^3$$

**7. Determinar el Volumen de Agregado Grueso**

Se determinó el volumen del agregado utilizando el módulo de fineza del agregado fino estándar, de la siguiente tabla:

**TABLA N° 100: Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto**

EL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGARSE, EN	VOLUMEN DE AGREGADOS GRUESOS SUELTOS HORNO DE SECADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE HORMIGÓN PARA DIFERENTE FINURA. MÓDULOS DE ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.58	0.56	0.54	0.52
1/2"	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>	<b>0.63</b>	<b>0.61</b>
3/4"	0.74	0.72	0.70	0.68

FUENTE: ACI. 211,2-98

Teniendo en cuenta que el módulo de fineza de nuestro agregado estándar es de 2.69, se requiere interpolar:

$$\begin{array}{r} 2.80 \text{ ----- } 0.63 \\ 2.69 \text{ ----- } VA \\ 2.60 \text{ ----- } 0.65 \end{array}$$

$$VA = 0.65 - \frac{(2.80 - 2.69)(0.65 - 0.63)}{(2.80 - 2.60)}$$

$$VA = 0.641 \text{ m}^3$$

Se calculó el volumen absoluto de Agregado Grueso:

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{\text{Volumen Agregado} * \text{Peso Unitario Compactado}}{\text{Peso Específico Seco}}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{0.641 * 1696}{2547.69}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = 0.427 \text{ m}^3$$

#### 8. Determinar el Volumen Aproximando de Aire

Según la tabla TABLA N° 98: REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES DEPRESIONES Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS, se calculó el volumen de aire a partir del Porcentaje de aire Atrapado:

$$\text{Porcentaje de Aire atrapado} = 2.5\%$$

$$\text{Volumen de Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

#### 9. Calcular el Volumen Absoluto

TABLA N° 101: Volúmenes Absolutos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
VOLUMEN DE AGUA	0.217	m3
VOLUMEN DE CEMENTO	0.154	m3
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.427	m3
VOLUMEN DE AIRE	0.025	m3
<b>TOTAL</b>	<b>0.822</b>	<b>m3</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

#### 10. Calculo de Volumen de Agregado Fino

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - \sum \text{Volumen Absolutos}$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - 0.822$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 0.178 \text{ m}^3$$

**11. Primer Cálculo de Pesos de los Materiales****TABLA N° 102: Pesos Absolutos de Agua, Cemento, Agregado Grueso y Fino**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.217	1000.00	216.55
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.427	2547.69	1087.46
AGREGADO FINO	0.178	2790.00	496.68
AIRE	0.025	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>2233.80</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

**12. Corrección por Humedad y Absorción**

Utilizando el contenido de humedad en el momento en que se realiza el ensayo, como sabemos tanto la absorción como el contenido de humedad son parámetros que cambian, y se tiene que corregir tomando en cuenta estos factores en el momento de realización el diseño.

De la TABLA N° 102: DATOS DEL AGREGADO GRUESO se obtiene el contenido de humedad del Agregado Grueso de  $1+2.43\% = 1.0243$  y de la TABLA N° 102: DATOS DEL AGREGADO FINO el contenido de humedad del agregado Fino de  $1+1.34\% = 1.0134$ .

$$\text{Peso Corregido} = \text{Contenido de Humedad} \times \text{Peso}$$

**TABLA N° 103: Peso Corregido de los Agregados Grueso y Fino**

PESO CORREGIDO			
AGREGADO GRUESO	1.0243 x	1087.46 =	1113.89 Kgf
AGREGADO FINO	1.0134 x	496.68 =	503.33 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Balance de Agua} = W - \text{Abs}$$

**TABLA N° 104: Cálculo de Balance de Agua**

BALANCE DE AGUA			
AGREGADO GRUESO	2.43 -	1.218 =	1.212 %
AGREGADO FINO	1.34 -	1.320 =	0.02 %

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Contribución de Agua} = \text{Peso Absoluto Agregado} \times \text{Aportes de Agua}$$
**TABLA N° 105: Cálculo de Contribución de Agua**

CONTRIBUCIÓN DE AGUA			
AGREGADO GRUESO	1113.89 x	0.01212 =	13.510 Kgf
AGREGADO FINO	503.33 x	0.0002 =	0.101 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

Se determinó posteriormente el Agua final de Mezcla:

$$\text{Agua Final} = \text{Peso Absoluto Agua} - \text{Aportes de Agua}$$
$$\text{Agua Final} = 216.55 - 13.510 - 0.101$$
$$\text{Agua Final} = 202.944 \text{ Kgf}$$

### 13. Dosificación Final por Metro Cúbico

**Tabla N° 106: Dosificación Final por Metro Cúbico**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.203	1000.00	202.94
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.427	2547.69	1087.46
AGREGADO FINO	0.178	2790.00	496.68
AIRE	0.025	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0.986</b>		<b>2220.19</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

Para la elaboración de nuestro diseño se empleó arena fina estándar de las canteras de Cunyac y Huambutio, para que al final se pueda sumar el peso de los agregados grueso y fino de la dosificación final, y se obtenga una sola cantidad de agregado, ya que el mérito de nuestra tesis comprende el uso de granulometría homogénea de agregado grueso a fin de conseguir que

nuestro concreto sea permeable sin el uso de aditivos. Realizando dicha acción se obtuvo la siguiente tabla:

**TABLA N° 107: Dosificación Final Corregida por Metro Cúbico**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.203	1000.00	202.94
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.604	2547.69	1584.13
AIRE	0.025		
<b>TOTAL</b>	<b>0.986</b>		<b>2220.19</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

#### 14. Dosificación Final por Briqueta

El Volumen de una briqueta está comprendido por el diámetro interno de la base multiplicado por la altura de la briquetera.

$$V_{\text{briqueta}} = A_{\text{base}} * \text{Altura}$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * r^2) * H$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * 0.05^2) * 0.20$$

$$V_{\text{briqueta}} = 0.0016 \text{ m}^3$$

**TABLA N° 108: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/2"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.319	Kgf
CEMENTO	0.680	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.488	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

De manera homogénea se realizó el diseño para las diferentes granulometrías restantes de 3/8" y 1/4". Se muestra los resultados de las dosificaciones finales, en las siguientes tablas:



**TABLA N° 109: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 3/8"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.340	Kgf
CEMENTO	0.718	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.400	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 110: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/4"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.359	Kgf
CEMENTO	0.755	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.311	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.7. Revenimiento

#### 3.6.1.7.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Revenimiento para agregado de 1/2"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 24 cm  
Diámetro 2 = 25 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 23 cm  
Diámetro 2 = 24 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 25 cm  
Diámetro 2 = 24 cm

Revenimiento para agregado de 3/8"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 28 cm  
Diámetro 2 = 29 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 27 cm  
Diámetro 2 = 28 cm



- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 29 cm  
Diámetro 2 = 30 cm

Revenimiento para agregado de 1/4"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 32 cm  
Diámetro 2 = 33 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 31 cm  
Diámetro 2 = 32 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 34 cm  
Diámetro 2 = 33 cm

3.6.1.7.2. Tablas

**TABLA N° 111: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 1/2"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/2"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/2"	7	24	25	24.5	cm
1/2"	14	23	24	23.5	cm
1/2"	28	25	24	24.5	cm
REVENIMIENTO				24.17	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 112: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 3/8"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 3/8"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
3/8"	7	28	29	28.5	cm
3/8"	14	27	28	27.5	cm
3/8"	28	29	30	29.5	cm
REVENIMIENTO				28.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 113: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 1/4"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/4"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/4"	7	32	33	32.5	cm
1/4"	14	31	32	31.5	cm
1/4"	28	34	33	33.5	cm
REVENIMIENTO				32.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.7.3. Análisis de la Prueba

Vemos que el revenimiento de la mezcla con los agregados de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Abril presenta una muestra seca por el tipo de diseño y la relación agua cemento, variando en sus diámetros de acuerdo al tamaño del agregado para 1/2" = 24.17 cm, 3/8" = 28.5 cm y 1/4" = 32.5, por lo tanto a menor tamaño del agregado mayor será el revenimiento.

### 3.6.1.8. Permeabilidad

#### 3.6.1.8.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Permeabilidad

$$K = \text{VOL. DE AGUA (ml)} / \text{TIEMPO (s)}$$

#### 3.6.1.8.2. Tablas

**TABLA N° 114: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/2"	1 - M	20.10	10.10	13.35	1770	132.58
	2 - M	20.27	10.03	10.73	1700	158.43
	3 - M	20.50	10.13	11.55	1640	141.99
	4 - M	20.77	10.03	12.18	1750	143.68
	5 - M	20.70	10.00	13.46	1780	132.24
	6 - M	20.37	10.03	10.56	1810	171.40
	7 - M	20.27	10.03	10.57	1690	159.89
	8 - M	20.50	10.13	11.39	1630	143.11
	9 - M	20.77	10.03	12.02	1740	144.76
	10 - M	20.70	10.00	13.30	1770	133.08
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/2"					146.12	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 115: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
3/8"	11 - M	20.43	10.09	16.71	1300	77.80
	12 - M	20.67	10.03	15.00	1640	109.33
	13 - M	20.83	10.07	16.41	1600	97.50
	14 - M	20.80	10.06	15.83	1630	102.97
	15 - M	20.53	10.03	16.20	1480	91.36
	16 - M	20.57	10.00	15.81	1710	108.16
	17 - M	20.67	10.03	14.84	1630	109.84
	18 - M	20.83	10.07	16.25	1590	97.85
	19 - M	20.80	10.06	15.87	1620	102.08
	20 - M	20.53	10.03	16.04	1470	91.65
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 3/8"					98.85	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 116: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/4"	21 - M	20.23	10.03	22.48	1730	76.96
	22 - M	20.43	10.00	18.23	1740	95.45
	23 - M	20.23	10.00	18.01	1710	94.95
	24 - M	20.13	10.03	17.95	1720	95.82
	25 - M	20.93	10.07	25.65	1640	63.94
	26 - M	20.37	10.00	22.13	1685	76.14
	27 - M	20.43	10.00	18.07	1730	95.74
	28 - M	20.23	10.00	17.85	1700	95.24
	29 - M	20.13	10.03	17.79	1710	96.12
	30 - M	20.93	10.07	25.49	1630	63.95
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/4"					85.43	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.8.3. Análisis De La Prueba

Es uno de los ensayos más importantes, porque va permitir conocer un parámetro más importante, el coeficiente de permeabilidad, el cual caracteriza a nuestro concreto poroso, se usa un permeámetro de carga variable recomendado en el reporte (ACI.522R-06, 2006).

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de sus espacios interconectados. Un material será permeable cuando contenga espacios vacíos interconectados (porosidad). La circulación de agua a través de las briquetas de concreto poroso son para 1/2" = 146.12 ml/s, 3/8" = 98.85 ml/s y 1/4" = 85.43 ml/s

### 3.6.1.9. Infiltración

#### 3.6.1.9.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Transformamos
  - Mililitros a Litros
  - Centímetros Cuadrados a Metros Cuadrados
  - Segundos a Minutos

$$I_f = (mL/1000) * (3.1416 * (D/2)^2 cm^2 / 10000) / (seg/60)$$

- Infiltración

$$I_f = \text{LITROS (l)} * \text{ÁREA (m}^2) / \text{TIEMPO (min)}$$

#### 3.6.1.9.2. Tablas

TABLA N° 117: Infiltración del Concreto Poroso de 1/2"

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO 1/2"					
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m <sup>2</sup> )
1/2"	1 - M	10.10	13.35	1770	992.91
	2 - M	10.03	10.73	1700	1202.32
	3 - M	10.13	11.55	1640	1056.37
	4 - M	10.03	12.18	1750	1090.34
	5 - M	10.00	13.46	1780	1010.26
	6 - M	10.03	10.56	1810	1300.72
	7 - M	10.03	10.57	1690	1213.34
	8 - M	10.13	11.39	1630	1064.68
	9 - M	10.03	12.02	1740	1098.54
	10 - M	10.00	13.30	1770	1016.67
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/2"				1104.62	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 118: Infiltración del Concreto Poroso de 3/8"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO 3/8"					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m2)
3/8"	11 - M	10.09	16.71	1300	583.77
	12 - M	10.03	15.00	1640	829.70
	13 - M	10.07	16.41	1600	735.02
	14 - M	10.06	15.83	1630	776.75
	15 - M	10.03	16.20	1480	693.29
	16 - M	10.00	15.81	1710	826.27
	17 - M	10.03	14.84	1630	833.53
	18 - M	10.07	16.25	1590	737.62
	19 - M	10.06	15.87	1620	770.04
	20 - M	10.03	16.04	1470	695.48
PROMEDIO INFILTRACIÓN 3/8"				748.15	l/min/m2

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 119: Infiltración del Concreto Poroso de 1/4"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO 1/4"					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m2)
1/4"	21 - M	10.03	22.48	1730	584.01
	22 - M	10.00	18.23	1740	729.16
	23 - M	10.00	18.01	1710	724.86
	24 - M	10.03	17.95	1720	727.17
	25 - M	10.07	25.65	1640	482.00
	26 - M	10.00	22.13	1685	581.67
	27 - M	10.00	18.07	1730	731.39
	28 - M	10.00	17.85	1700	727.08
	29 - M	10.03	17.79	1710	729.44
	30 - M	10.07	25.49	1630	482.07
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/4"				649.88	l/min/m2

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.9.3. Análisis de la Prueba

La infiltración es muy importante porque vemos que esta propiedad del concreto poroso tiene que ver mucho el tamaño máximo del agregado grueso y está en función de la cantidad de litros que puede pasar en un área en un tiempo determinado. Para un tamaño máximo de 1/2" = 1104.62 l/min/m2, 1/4" = 784.15 = l/min/m2 y 649 l/min/m2.



### 3.6.1.10. Aceptación de Briquetas

#### 3.6.1.10.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las Briquetas

Diámetros

D1 = Diámetro 1

D2 = Diámetro 2

D3 = Diámetro 3

Alturas

H1 = Altura 1

H2 = Altura 2

H3 = Altura 3

- N.T.P. 339.04

Que los diámetros no tenga diferencia máximo 2%

- Factor de relación Altura / Diámetro

F.A.D. =  $H/D$

- Área de contacto briqueta máquina de compresión

$A = 3.1416 \cdot (R)^2$

- Volumen de la briqueta

$V. = A \cdot L$

- Densidad de la briqueta

$D = P/V$

#### 3.6.1.10.2. Tablas



TABLA N° 120: Aceptación de Briquetas para Concreto Poroso de la Cantera de Machupicchu a los 7 Días

ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO															
TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm3)	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m3)
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	7	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	78.54	1649.34	3207.00	1944.41
	7	10.20	10.00	10.10	1	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49	3160.70	1878.58
	7	10.30	10.00	10.20	2	10.17	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	81.18	1704.78	3225.60	1892.10
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.09	20.80	20.07	20.32	2.0	79.06	1606.59	3275.60	2038.85
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.07	20.05	20.50	20.05	20.20	2.0	79.59	1607.73	3299.20	2052.08
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.07	20.05	20.06	20.08	20.06	2.0	79.59	1596.85	3189.90	1997.61
	7	10.20	10.00	10.10	1	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49	3115.45	1851.69
	7	10.30	10.00	10.20	2	10.17	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	81.18	1704.78	3180.35	1865.55
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.09	20.80	20.07	20.32	2.0	79.06	1606.59	3230.35	2010.69
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.07	20.05	20.50	20.05	20.20	2.0	79.59	1607.73	3253.95	2023.94
3/8"	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.05	20.06	20.07	20.06	2.0	79.59	1596.59	3410.20	2135.93
	7	10.10	10.10	10.10	0	10.07	20.09	20.07	20.07	20.06	2.0	79.59	1596.59	3406.70	2133.74
	7	10.20	10.00	10.20	2	10.10	20.05	20.07	20.07	20.08	2.0	80.12	1608.52	3395.10	2110.70
	7	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.05	20.05	20.05	20.06	2.0	80.65	1618.07	3469.10	2143.97
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.13	20.08	20.08	20.09	20.05	2.0	80.65	1617.00	3354.30	2074.40
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.08	20.08	20.08	20.08	2.0	79.59	1598.45	3375.50	2111.74
	7	10.10	10.10	10.10	0	10.03	20.09	20.07	20.07	20.08	2.0	79.06	1587.61	3361.45	2117.30
	7	10.20	10.00	10.20	2	10.10	20.05	20.07	20.07	20.08	2.0	80.12	1608.52	3349.85	2082.57
	7	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.05	20.05	20.05	20.06	2.0	80.65	1618.07	3423.85	2116.00
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.13	20.08	20.08	20.09	20.05	2.0	80.65	1617.00	3309.05	2046.41
1/4"	7	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.07	20.08	20.08	20.08	2.0	79.59	1598.45	3380.80	2115.05
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.03	20.02	20.04	20.04	20.08	2.0	79.06	1587.35	3340.70	2104.58
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.03	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1594.47	3462.20	2171.38
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.01	20.04	20.04	20.04	2.0	79.59	1594.73	3265.30	2047.55
	7	10.10	10.00	10.20	2	10.07	21.02	21.03	21.03	20.03	2.0	79.59	1594.20	3512.50	2203.30
	7	10.00	10.10	10.10	0	10.10	20.03	20.03	20.02	21.03	2.1	80.12	1684.63	3332.70	1978.30
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.07	20.02	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1593.94	3295.45	2067.49
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.03	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1594.47	3416.95	2143.00
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.01	20.04	20.04	20.04	2.0	79.59	1594.73	3220.05	2019.18
	7	10.10	10.00	10.20	2	10.07	21.02	21.03	21.03	20.03	2.0	79.59	1594.20	3467.25	2174.91

FUENTE: Elaboración (Propia)





ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO

TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	14	10.20	10.10	10.50	4	10.27	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	82.78	1697.08534	3210.00	1891.48
	14	10.20	10.10	10.20	1	10.17	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	81.18	1664.19	3163.70	1901.05
	14	9.90	10.00	10.10	1	10.00	20.50	20.50	20.50	20.50	2.1	78.54	1610.07	3228.60	2005.25
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.40	20.50	20.50	20.47	2.0	80.65	1650.60	3278.60	1986.30
	14	10.10	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.70	20.70	2.1	79.06	1636.63	3302.20	2017.68
	14	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.50	20.50	20.60	20.53	2.0	79.59	1634.26	3192.90	1953.73
	14	10.20	10.10	10.20	1	10.17	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	81.18	1664.19	3118.45	1873.86
	14	9.90	10.00	10.10	1	10.00	20.50	20.50	20.50	20.50	2.1	78.54	1610.07	3183.35	1977.15
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.40	20.50	20.50	20.47	2.0	80.65	1650.60	3233.35	1958.89
	14	10.10	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.70	20.70	2.1	79.06	1636.63	3256.95	1990.03
3/8"	14	10.00	10.00	9.90	1	9.97	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	78.02	1638.36	3413.20	2083.30
	14	10.10	10.10	10.20	1	9.97	20.50	20.60	20.60	21.00	2.1	78.02	1638.36	3409.70	2081.16
	14	10.00	10.00	9.90	1	10.13	20.60		20.70	20.57	2.0	80.65	1658.67	3398.10	2048.69
	14	10.10	10.00	10.00	0	9.97	21.00	21.00	21.00	20.65	2.1	78.02	1611.06	3472.10	2155.17
	14	10.20	10.20	10.20	0	10.03	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.06	1660.35	3357.30	2022.04
	14	10.10	10.10	10.10	0	10.20	20.50	20.50	20.50	21.00	2.1	81.71	1715.97	3378.50	1968.85
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.10	20.50	20.60	20.60	20.50	2.0	80.12	1642.43	3364.45	2048.46
	14	10.00	10.00	9.90	1	10.13	20.60	20.60	20.70	20.57	2.0	80.65	1658.67	3352.85	2021.41
	14	10.10	10.00	10.00	0	9.97	21.00	21.00	21.00	20.63	2.1	78.02	1609.76	3426.85	2128.80
	14	10.20	10.20	10.20	0	10.03	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.06	1660.35	3312.05	1994.79
1/4"	14	10.20	10.10	10.10	0	10.20	20.70	20.80	20.80	21.00	2.1	81.71	1715.97	3383.80	1971.94
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.13	21.00	21.00	21.00	20.77	2.0	80.65	1674.80	3343.70	1996.48
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.30	20.40	21.00	2.1	78.54	1649.34	3465.20	2100.96
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.00	20.80	20.70	20.70	20.37	2.0	78.54	1599.60	3268.30	2043.20
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.60	20.70	20.70	20.73	2.0	80.65	1672.11	3515.50	2102.43
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.13	20.50	20.50	20.50	20.67	2.0	80.65	1666.73	3335.70	2001.34
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	21.00	20.50	2.1	78.54	1610.07	3298.45	2048.64
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.30	20.40	21.00	2.1	78.54	1649.34	3419.95	2073.53
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.00	20.80	20.70	20.70	20.37	2.0	78.54	1599.60	3223.05	2014.91
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.60	20.70	20.70	20.73	2.0	80.65	1672.11	3470.25	2075.37

FUENTE: Elaboración (Propia)



ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO

TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	28	10.10	10.10	10.10	0	10.10	20.30	20.00	20.00	20.10	2.0	80.12	1610.38495	3212.00	1994.55
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.40	20.40	20.00	20.27	2.0	79.06	1602.37	3165.70	1975.63
	28	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.70	20.40	20.40	20.50	2.0	80.65	1653.29	3230.60	1954.04
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.70	20.70	20.90	20.77	2.1	79.06	1641.91	3280.60	1998.04
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.80	20.80	20.70	2.1	78.54	1625.78	3304.20	2032.38
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.30	20.30	20.50	20.37	2.0	79.06	1610.28	3194.90	1984.07
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.40	20.40	20.00	20.27	2.0	79.06	1602.37	3120.45	1947.39
	28	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.70	20.40	20.40	20.50	2.0	80.65	1653.29	3185.35	1926.67
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.70	20.70	20.90	20.77	2.1	79.06	1641.91	3235.35	1970.48
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.80	20.80	20.70	2.1	78.54	1625.78	3258.95	2004.55
3/8"	28	10.15	10.00	10.12	2	10.09	20.50	20.40	20.40	20.43	2.0	79.96	1633.85	3415.20	2090.28
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.09	20.60	20.60	20.80	20.43	2.0	79.96	1633.85	3411.70	2088.13
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.50	21.00	21.00	20.67	2.1	79.06	1634.00	3400.10	2080.85
	28	10.09	10.00	10.10	1	10.07	20.80	20.80	20.80	20.83	2.1	79.59	1658.14	3474.10	2095.18
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.06	20.40	20.60	20.60	20.80	2.1	79.54	1654.39	3359.30	2030.54
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.30	20.53	2.0	79.06	1623.46	3380.50	2082.28
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.00	20.60	20.60	20.80	20.57	2.1	78.54	1615.31	3366.45	2084.09
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.50	21.00	21.00	20.67	2.1	79.06	1634.00	3354.85	2053.15
	28	10.09	10.00	10.10	1	10.07	20.80	20.80	20.80	20.83	2.1	79.59	1658.14	3428.85	2067.89
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.06	20.40	20.60	20.60	20.80	2.1	79.54	1654.39	3314.05	2003.19
1/4"	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.30	20.20	20.20	20.53	2.0	79.06	1623.46	3385.80	2085.55
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.03	20.40	20.40	20.50	20.23	2.0	79.06	1599.74	3345.70	2091.41
	28	10.01	10.00	10.00	0	10.00	20.30	20.20	20.20	20.43	2.0	78.54	1604.83	3467.20	2160.47
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.00	20.20	20.20	20.00	20.23	2.0	78.59	1590.19	3270.30	2056.55
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.80	21.00	21.00	20.13	2.0	79.06	1591.83	3517.50	2209.72
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.07	20.30	20.30	20.50	20.93	2.1	79.59	1666.10	3337.70	2003.30
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.40	20.50	20.37	2.0	78.54	1599.60	3300.45	2063.30
	28	10.01	10.00	10.00	0	10.00	20.30	20.20	20.20	20.43	2.0	78.54	1604.83	3421.95	2132.28
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.00	20.20	20.20	20.00	20.23	2.0	78.59	1590.19	3225.05	2028.10
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.80	21.00	21.00	20.13	2.0	79.06	1591.83	3472.25	2181.29

FUENTE: Elaboración (Propia)

**3.6.1.10.3. Análisis de la prueba**

Antes de ser sometidos a la prueba de compresión las briquetas de concreto poroso tienen que pasar por un control de calidad que implica diámetros y alturas que no exceda del 2 % del molde de briketa que sean lo más homogéneo, determinar el factor de relación altura/ diámetro, área, volumen y densidad. Los cuales tienen que cumplir lo estándares para ser ensayados en la máquina de compresión axial y no tener datos erróneos .ya que se cuenta con gran cantidad de muestras de 1/2", 3/8" y 1/4" a los 7,14 y 28 días.

**3.6.1.11. Ensayo de Compresión de Briquetas**

**3.6.1.11.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba**

Para determinar la resistencia real de las briquetas sometidas a la máquina de compresión axial se hace una calibración que está en función de la Carga Máxima Aplicada entre el Área de la Sección.

$$\text{CORRECCIÓN} = \text{CARGA MÁXIMA} / \text{ÁREA}$$

**3.6.1.11.2. Tablas**

**Tabla 123: Ruptura de Concreto Poroso a los 7 Días Cantera de Machupicchu**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - M	78.5	5700.0	72.6	34.56	62.2	29.63
	2 - M	80.1	5750.0	71.8	34.18		
	3 - M	81.2	5540.0	68.2	32.50		
	4 - M	79.1	5030.0	63.6	30.29		
	5 - M	79.6	3910.0	49.1	23.39		
	6 - M	79.6	5940.0	74.6	35.54		
	7 - M	80.1	5557.0	69.4	33.03		
	8 - M	81.2	4139.0	51.0	24.28		
	9 - M	79.1	4020.0	50.8	24.21		
	10 - M	79.6	4058.0	51.0	24.28		

3/8"	11 - M	79.6	10480.0	131.7	62.70	151.0	71.89
	12 - M	79.6	14100.0	177.2	84.36		
	13 - M	80.1	12860.0	160.5	76.43		
	14 - M	80.6	9640.0	119.5	56.92		
	15 - M	80.6	12420.0	154.0	73.33		
	16 - M	79.6	12930.0	162.5	77.36		
	17 - M	79.1	13048.8	165.0	78.59		
	18 - M	80.1	9765.6	121.9	58.04		
	19 - M	80.6	12545.6	155.6	74.08		
	20 - M	80.6	13055.6	161.9	77.09		
1/4"	21 - M	79.6	12900.0	162.1	77.18	178.1	84.79
	22 - M	79.1	15110.0	191.1	91.00		
	23 - M	79.6	14070.0	176.8	84.18		
	24 - M	79.6	13860.0	174.1	82.92		
	25 - M	79.6	14870.0	186.8	88.97		
	26 - M	80.1	13780.0	172.0	81.90		
	27 - M	79.6	14203.5	178.5	84.98		
	28 - M	79.6	13993.5	175.8	83.72		
	29 - M	79.6	15003.5	188.5	89.77		
	30 - M	79.6	13913.6	174.8	83.24		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 124: Ruptura de Concreto Poroso a los 14 Días Cantera de Machupicchu**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - M	81.2	6098.0	75.1	35.77	93.8	44.68
	2 - M	81.2	7810.0	96.2	45.81		
	3 - M	78.5	5890.0	75.0	35.71		
	4 - M	80.6	6470.0	80.2	38.20		
	5 - M	79.1	5750.0	72.7	34.63		
	6 - M	79.6	12180.0	153.0	72.87		
	7 - M	81.2	6007.8	74.0	35.24		
	8 - M	78.5	6579.9	83.8	39.89		
	9 - M	80.6	5860.0	72.7	34.60		
	10 - M	79.1	12289.9	155.4	74.02		

3/8"	11 - M	78.0	13350.0	171.1	81.48	158.0	75.26
	12 - M	78.0	12330.0	158.0	75.26		
	13 - M	80.6	12030.0	149.2	71.03		
	14 - M	78.0	11520.0	147.7	70.31		
	15 - M	79.1	11920.0	150.8	71.79		
	16 - M	81.7	14130.0	172.9	82.34		
	17 - M	80.1	12155.7	151.7	72.25		
	18 - M	80.6	11645.6	144.4	68.76		
	19 - M	78.0	12045.6	154.4	73.52		
	20 - M	79.1	14255.7	180.3	85.86		
1/4"	21 - M	81.7	15560.0	190.4	90.68	207.7	98.91
	22 - M	80.6	21130.0	262.0	124.76		
	23 - M	78.5	17490.0	222.7	106.04		
	24 - M	78.5	18510.0	235.7	112.23		
	25 - M	80.6	14650.0	181.7	86.50		
	26 - M	80.6	13420.0	166.4	79.24		
	27 - M	78.5	17623.6	224.4	106.85		
	28 - M	78.5	18643.5	237.4	113.04		
	29 - M	78.5	14797.7	188.4	89.72		
	30 - M	80.6	13553.6	168.1	80.03		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 125: Ruptura de Concreto Poroso a los 28 Días Cantera de Machupicchu**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - M	80.1	11980.0	149.5	71.20	106.5	50.72
	2 - M	79.1	8730.0	110.4	52.58		
	3 - M	80.6	8870.0	110.0	52.37		
	4 - M	79.1	9490.0	120.0	57.16		
	5 - M	78.5	10130.0	129.0	61.42		
	6 - M	79.1	3250.0	41.1	19.57		
	7 - M	79.1	8990.2	113.7	54.15		
	8 - M	80.6	9602.2	119.1	56.70		
	9 - M	79.1	10242.1	129.5	61.69		
	10 - M	78.5	3362.0	42.8	20.38		



3/8"	11 - M	80.0	13890.0	173.7	82.72	217.5	103.57
	12 - M	80.0	20290.0	253.8	120.83		
	13 - M	79.1	17690.0	223.7	106.54		
	14 - M	79.6	16500.0	207.3	98.72		
	15 - M	79.5	18053.7	227.0	108.09		
	16 - M	79.1	16740.0	211.7	100.82		
	17 - M	78.5	17818.1	226.9	108.03		
	18 - M	79.1	16628.1	210.3	100.15		
	19 - M	79.6	18181.9	228.4	108.78		
	20 - M	79.5	16868.1	212.1	100.99		
1/4"	21 - M	79.1	23990.0	303.4	144.49	251.0	119.52
	22 - M	79.1	17860.0	225.9	107.57		
	23 - M	78.5	14960.0	190.5	90.70		
	24 - M	78.6	21020.0	267.5	127.36		
	25 - M	79.1	24010.0	303.7	144.61		
	26 - M	79.6	17790.0	223.5	106.44		
	27 - M	78.5	15096.2	192.2	91.53		
	28 - M	78.5	21156.1	269.4	128.27		
	29 - M	78.6	24146.2	307.2	146.30		
	30 - M	79.1	17926.2	226.7	107.97		

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.1.11.3. Análisis de la Prueba

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'c$ , de la tesis.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto.

### 3.6.2. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera de Abril.

#### 3.6.2.1. Granulometría del Agregado Grueso

##### 3.6.2.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Los resultados del ensayo análisis granulométrico se reportan llenando la tabla granulométrica del agregado grueso el cual cumple con la norma técnica NTP 400.012. Los cuales nos indican porcentajes de partículas aceptables para los diferentes tamaños retenidos en los tamices normalizados para comprobar si el material se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33.

**TABLA N° 126: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso Cantera de Abril.**

<b>PESO DEL RECIPIENTE</b>	1.30	kgf
<b>PESO TOTAL</b>	11.30	kgf
<b>PESO DE LA MUESTRA</b>	10.00	kgf

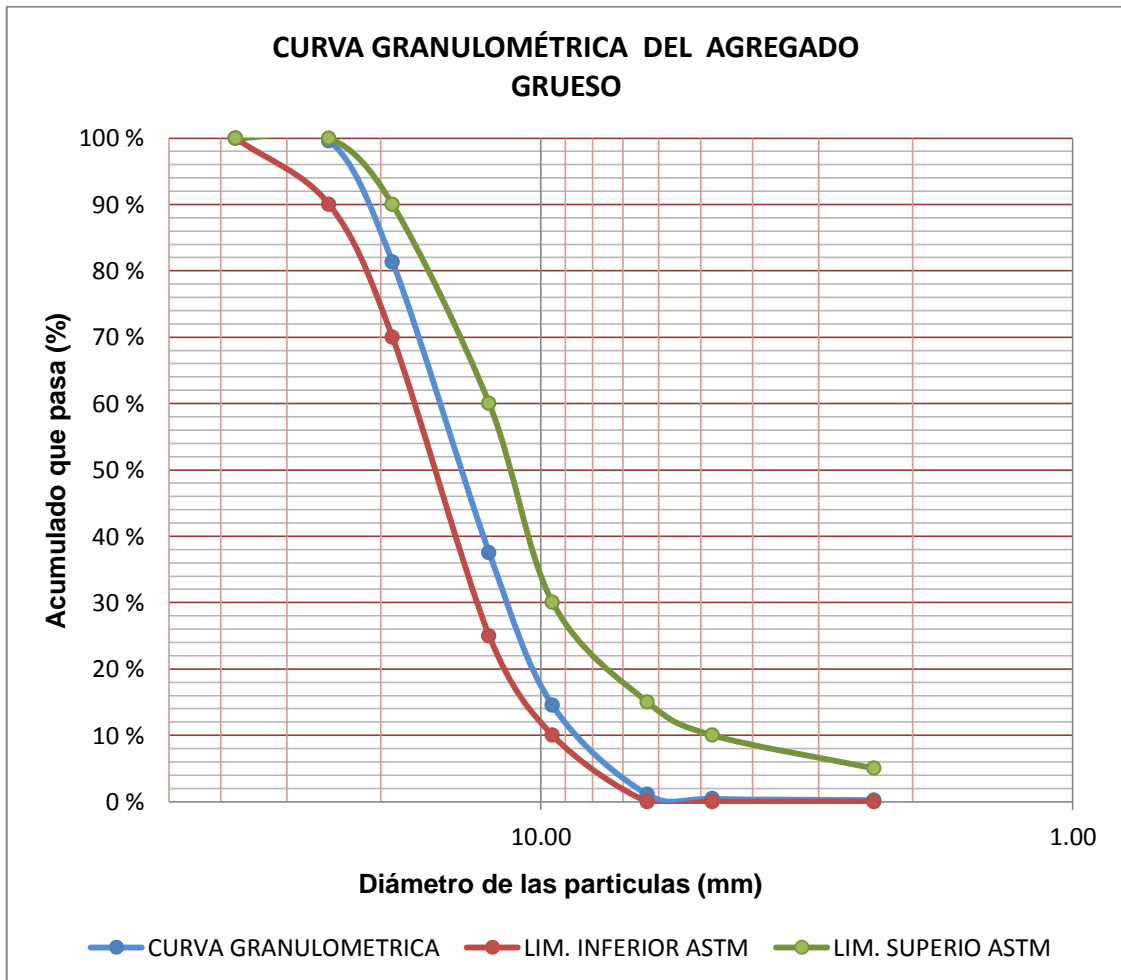
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)	CORRECCIÓN (kgf)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.04	0.04	0.42	0.42	99.58
3/4"	19.00	1.82	1.82	18.24	18.66	81.34
1/2"	12.50	4.38	4.38	43.84	62.50	37.50
3/8"	9.50	2.29	2.30	23.01	85.50	14.50
1/4"	6.30	1.33	1.34	13.43	98.93	1.07
N° 4	4.75	0.06	0.07	0.65	99.58	0.42
N°8	2.36	0.01	0.02	0.18	99.77	0.23
FONDO		0.02	0.02	0.23	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>9.96</b>	<b>10.00</b>	<b>100.00</b>		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**Análisis:** Se puede observar que el mayor retenido se encuentra en el tamiz 1/2" y que la gradación del agregado grueso es variable.

### 3.6.2.1.2. Diagrama

FIGURA N° 50: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Abril.



### 3.6.2.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso

En el ensayo de la granulometría del agregado grueso para la cantera de Abril, se determina que se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, siendo este agregado apto para la fabricación del concreto permeable.



### 3.6.2.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso

#### 3.6.2.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Para poder determinar el contenido de humedad del agregado fino se utilizara los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$\% H. = \frac{W-D}{D} * 100$$

- Peso antes del horno  
P.A.H. = 3.60 kgf
- Peso después del horno  
P.D.H. = 3.45 kgf

#### 3.6.2.2.2. Tablas

**TABLA N° 127: Cálculo del Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.60	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.45	kgf
PORCENTAJE DE HUMEDAD		4.45	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

#### 3.6.2.2.3. Análisis de la Prueba

El contenido de humedad del agregado grueso se realizó con material de la cantera de Abril el cual contiene 4.45 % el cual tiene un valor alto ya que este agregado es un material que retiene el agua en sus poros.

### 3.6.2.3. Peso Específico de los Agregado Grueso

#### 3.6.2.3.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Peso específico de masa:

$$P. E. M. = \frac{3.45 \text{ kgf}}{3.51 \text{ kgf} - 2.21 \text{ kgf}} = 2.64 \times 1000 = 2642 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P. E. M. S. S. S. = \frac{3.51 \text{ kgf}}{3.51 \text{ kgf} - 2.21 \text{ kgf}} = 2.70 \times 1000 = 2695 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico aparente:

$$P. E. A. = \frac{3.45 \text{ kgf}}{3.45 \text{ kgf} - 2.21 \text{ kgf}} = 2.79 \times 1000 = 2790 \text{ kgf/m}^3$$

- Absorción:

$$AB. = \frac{3.51 \text{ kgf} - 3.45 \text{ kgf}}{3.45 \text{ kgf}} * 100 = 2.01 \%$$

### 3.6.2.3.2. Tablas

**TABLA N° 128: Cálculo del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
A =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL HORNO	3.45	kgf
B =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	3.51	kgf
C =	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	2.21	kgf
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA		2642	Kgf/m <sup>3</sup>
ABSORCIÓN		2.01	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.3.3. Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso

La importancia de esta propiedad radica en la obtención de los volúmenes que ocupara un agregado en el concreto de manera más exacta. De los valores obtenidos de 2.64 gr/cm<sup>3</sup>, se deduce que el agregado tiene un regular peso específico en relación a un agregado de canto rodado, debido a que es un agregado obtenido mediante la trituración de rocas; pues el canto rodado se hace más resistente debido a la erosión sufrida en su transporte por el río, mientras el agregado de la cantera de Abril no sufre este proceso.

### 3.6.2.4. Peso Unitario del Agregado Grueso

#### 3.6.2.4.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

##### 3.6.2.4.1.1. Peso Unitario (Suelto) Cantera de Abril

- Características del Molde

$$\text{Peso} = 5.45 \text{ kgf}$$

$$\text{Volumen} = 0.006 \text{ m}^3$$

- Peso del molde más agregado grueso

$$\text{P.M.} + \text{A.G.} = 13.33 \text{ kgf}$$

- Peso Agregado Grueso

$$\text{P.A.G.} = 13.33 \text{ kgf} - 5.45 \text{ kgf} = 7.88 \text{ kgf}$$

- Peso unitario suelto

$$\text{P.U.S.} = \frac{7.88}{0.006} = 1403.17 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2642/1000) * 998 - 1403.17 * 100}{((2642/1000) * 998)} = 46.78 \%$$

##### 3.6.2.4.1.2. Peso Unitario (Compactado) Cantera de Abril

- Características del Molde

$$\text{Peso} = 5.45 \text{ kgf}$$

$$\text{Volumen} = 0.006 \text{ m}^3$$

- Peso del molde más agregado grueso

$$\text{P.M.} + \text{A.G.} = 14.18 \text{ kgf}$$

- Peso Agregado Grueso

$$\text{P.A.G.} = 14.18 \text{ kgf} - 5.45 \text{ kgf} = 8.73 \text{ kgf}$$

- Peso unitario compactado

$$\text{P.U.C.} = \frac{8.73}{0.006} = 1554.58 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2642/1000) * 998 - 1554.58 * 100}{((2642/1000) * 998)} = 41.04 \%$$

3.6.2.4.2. Tablas

**TABLA N° 129: Cálculo del Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso**

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m3
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	13.33	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	7.88	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2642	Kgf/m3
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	Kgf/m3
PESO UNITARIO SUELTO		1403.17	kgf/m3
CONTENIDO DE VACÍO		46.78	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

**TABLA N° 130: Cálculo del Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso**

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m3
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	14.18	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	8.73	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2642	Kgf/m3
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	Kgf/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO		1554.58	kgf/m3
CONTENIDO DE VACÍO		41.04	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

3.6.2.4.3. Análisis de la Prueba

El peso unitario del agregado grueso es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente. Para realizar una buena dosificación por volumen, es necesario conocer los valores de peso unitario suelto y compactado, en este caso de la cantera de Abril en estado suelto es de 1403.17 kgf/m3, para peso unitario compactado se obtuvo 1554.58 kgf/m3.

### 3.6.2.5. Prueba de Abrasión los Ángeles

#### 3.6.2.5.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las taras  
Peso Tara 1=0.93 kgf  
Peso Tara 2=0.40 kgf
- Peso del agregado grueso  
P.A.G. = 4.95 kgf = A
- Peso sometido a la máquina de los ángeles  
P.S.M.A. = 4.27kgf = B
- Peso despojos del agregado grueso  
P.D.A.G. = 0.68 kgf
- Porcentaje de desgaste  
 $C = \frac{(A-B)}{A} * 100$       $C = \frac{4.95-4.27}{4.95} * 100 = 13.74 \%$

#### 3.6.2.5.2. Tablas

**TABLA N° 131: Calculo de la Prueba de Abrasión de los Ángeles**

PRUEBA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
T1	TARA 1	0.93	kgf
P.A.G.	PESO DEL AGREGADO GRUESO	4.95	kgf
P.S.M.A.	P. SOMETIDO A LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	4.27	kgf
T2	TARA 2	0.40	kgf
P.D.A.G.	PESO DESPOJOS DEL AGREGADO GRUESO	0.68	kgf
A.	PESO AGREGADO ANTES DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	4.95	kgf
B.	PESO AGREGADO DESPUÉS DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	4.27	kgf
C.	PORCENTAJE DE DESGASTE	13.74	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

#### 3.6.2.5.3. Análisis de la Prueba

Según los resultados obtenidos en el laboratorio se puede determinar que contamos con un agregado de alta resistencia al desgaste. Por lo tanto que dicho agregado es apto para el diseño de la mezcla de concreto permeable , ya que nos podría garantizar buenos resultados al ser utilizado debido a la dureza que presenta al ser sometido a fricciones junto con las esferas.

También se puede tener en cuenta que las propiedades de los agregados dependen principalmente de las características de la roca madre de donde proviene que es la cantera de Abril. El porcentaje de desgaste de 14% sirve para la fabricación de concreto permeable y sus distintos usos

### 3.6.2.6. Diseño de Mezclas Cantera Abril Agregado de 1/2"

En este paso se procede a diseñar una mezcla de concreto, cuya resistencia a la compresión, es de  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , asumiendo que la elaboración del concreto va a tener un grado de control bueno. Las condiciones de obra requieren una mezcla fluida. El concreto no será expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado) ni contendrá aditivos.

El método a emplear para el diseño de mezclas es el Método A.C.I. 211,2-98

#### 3.6.2.6.1. Datos Obtenidos de los Componentes del Concreto

Mediante los ensayos realizados anteriormente a los componentes del concreto, se ha obtenido los siguientes datos, siendo de mucha importancia para la realización del diseño de mezclas.

##### e) Agregados

- ✓ Agregado de la Cantera de Abril

**TABLA N° 132: Datos del Agregado Grueso**

DATOS DEL AGREGADO GRUESO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2642	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO	1555	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.449	%
ABSORCIÓN	2.006	%
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1/2"	Pulgada

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

- ✓ Agregado Fino Estándar (Se tomó datos de un agregado fino adecuadamente calibrado para diseños eficientes en la ciudad del Cusco, provenientes de la mezcla de las Canteras de Cunyac y Huambutio mezclados en proporciones de 40% y 60% respectivamente)

TABLA N° 133: Datos del Agregado Fino Estándar

DATOS DEL AGREGADO FINO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2790	Kgf/m <sup>3</sup>
MÓDULO DE FINEZA	2.69	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.34	%
ABSORCIÓN	1.32	%

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

**f) Cemento**

- ✓ Cemento Yura Tipo Portland IP
- ✓ Peso Específico 2820 Kgf/m<sup>3</sup>

**g) Agua**

- ✓ Agua Potable NTP 339.088 (Requisitos de Agua de Mezcla)

**h) Resistencia A La Compresión**

- ✓  $f'c = 210 \text{ Kgf/cm}^2$

**3.6.2.6.2. Pasos Para el Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI 211,2-98****1. Cálculo de la Resistencia Promedio**

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión aun cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos que el  $f'c$  especificado.

Se puede considerar la resistencia promedio con que uno debe diseñar una mezcla, teniendo en cuenta lo siguiente  $f'cr$  tomando en cuenta la siguiente tabla:

TABLA N° 134: Resistencia a la Compresión Promedio

$f'c$	$f'cr$
MENOS DE 210	$f'c+70$
210 A 350	$f'c+84$
SOBRE 350	$f'c+98$

FUENTE: ACI. 211,2-98

$$f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 210 + 84$$

$$f'cr = 294 \text{ kgf/cm}^2$$

2. Determinar el Tipo de Asentamiento y Tamaño Máximo Nominal del Agregado

El asentamiento se calcula de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA N° 135: Consistencia y Asentamientos

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" (0mm) a 2" (50mm)
PLÁSTICA	3" (75mm) a 4" (100mm)
FLUIDA	$\geq 5"$ (125mm)

FUENTE: ACI. 211,2-98

$$\text{Slump} = 3"$$

Tamaño máximo nominal, obtenido de los Datos de los agregados previos al Diseño de Mezclas.

$$\text{Tamaño Máximo Nominal} = 1/2"$$

3. Determinar el Contenido de Agua de Diseño y el Contenido de Aire Atrapado

Se determina el contenido de Agua de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso, el cual es de 1/2 pulg., así como también el aire incorporado que tendrá el concreto. Para ello se emplea la siguiente tabla:



**TABLA N° 136: Requisitos Aproximados de Agua de Mezcla y Contenido de Aire para Diferentes Depresiones y Tamaños Máximos Nominales de Agregados**

SLUMP, EN HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO	AGUA LB/YD3 DE HORMIGÓN PARA TAMAÑOS NOMINALES INDICADAS DE AGREGADOS		
	3/8 PULGADA	1/2 PULGADA	3/4 PULGADA
1 – 2	305	295	280
3 – 4	340	325	305
5 – 6	355	335	315
CONTENIDO DE MEDIA RECOMENDADA + AIRE TOTAL, PORCENTAJE, POR NIVEL DE EXPOSICIÓN			
Exposición leve	4.5	4.0	4.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0
Una exposición extrema	7.5	7.0	6.0
HORMIGÓN SIN AIRE INCORPORADO			
1 – 2	350	335	315
3 – 4	385	365	340
5 – 6	400	375	350
Cantidad aproximada de aire atrapado en el hormigón celular no aire	3	2.5	2

FUENTE: ACI. 211,2-98

De acuerdo a la Tabla N° 115 de volumen unitario del agua confeccionada por el comité 211 del ACI, que se toma en cuenta el Tamaño Máximo Nominal, su asentamiento o slump y teniendo en cuenta si tiene o no aire incorporado.

En nuestro caso el Tamaño Máximo Nominal es de 1/2", el slump varía de 3"-4", y sin aire incorporado el valor sería:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup>**

Se convierte a unidades convencionales:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup> = 216.55 kgf**

Por tanto el Volumen de Agua de Mezcla sería:

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = \frac{216.55 \text{ kgf}}{1000 \text{ kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = 0.217 \text{ m}^3$$

#### 4. Determinar la Relación Agua Cemento (A/C)

Se determina la relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto, empleando la siguiente tabla:

TABLA N° 137: Relación Agua- Cemento y Resistencia a Compresión Del Concreto

FUERZA COMPRESIVA A LOS 28 DÍAS, PSI	RELACIÓN AGUA-CEMENTO APROXIMADA, EN PESO	
	HORMIGÓN NO CON AIRE INCORPORADO	HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO
6000	0.41	-
<b>5000 (350)</b>	<b>0.48</b>	<b>0.40</b>
<b>4000 (280)</b>	<b>0.57</b>	<b>0.48</b>
3000 (210)	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

FUENTE: ACI. 211,2-98

Ya que el valor que nosotros necesitamos es de  $f'_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$ , interpolamos los datos para obtener la adecuada relación a/c:

$$350 \text{ ----- } 0.48$$

$$294 \text{ ----- } X$$

$$280 \text{ ----- } 0.57$$

$$X = 0.57 - \frac{(280 - 294)(0.57 - 0.48)}{(280 - 350)}$$

$$X = 0.55$$

Existe una corrección de la relación a/c recomendación de exposición al congelamiento y descongelamiento ACI 211,2-98, la cual recomienda subir la relación de a/c, por ello la nueva relación a/c será:

$$X = 0.50$$

### 5. Calcular el Factor Cemento (Fc) y Volumen del Cemento

Se calculó el factor cemento con la relación agua cemento y peso del Agua de mezcla:

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c}$$

$$FC = \frac{216.55 \text{ Kg}}{0.50} = 433.11 \text{ Kg}$$

Se calculó el volumen del Cemento dividiendo el Peso del cemento entre el peso específico del Cemento Yura tipo IP:

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico del Cemento}}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{433.11 \text{ Kgf}}{2820 \text{ Kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = 0.154 \text{ m}^3$$

## 6. Determinar el Volumen de Agregado Grueso

Se determinó el volumen del agregado utilizando el módulo de fineza del agregado fino estándar, de la siguiente tabla:

**TABLA N° 138: Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto**

EL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGARSE, EN	VOLUMEN DE AGREGADOS GRUESOS SUELTOS HORNO DE SECADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE HORMIGÓN PARA DIFERENTE FINURA. MÓDULOS DE ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.58	0.56	0.54	0.52
<b>1/2</b>	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>	<b>0.63</b>	<b>0.61</b>
3/4	0.74	0.72	0.70	0.68

FUENTE: ACI. 211,2-98

Teniendo en cuenta que el módulo de fineza de nuestro agregado estándar es de 2.69, se requiere interpolar:

$$2.80 \text{ ----- } 0.63$$

$$2.69 \text{ ----- } VA$$

$$2.60 \text{ ----- } 0.65$$

$$VA = 0.65 - \frac{(2.80 - 2.69)(0.65 - 0.63)}{(2.80 - 2.60)}$$

$$VA = 0.641 \text{ m}^3$$

Se calculó el volumen absoluto de Agregado Grueso:

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{\text{Volumen Agregado} * \text{Peso Unitario Compactado}}{\text{Peso Específico Seco}}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{0.641 * 1554.58}{2642}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = 0.377 \text{ m}^3$$

### 7. Determinar el Volumen Aproximando de Aire

Según la tabla TABLA N° 136: REQUISITOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLA Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES DEPRESIONES Y TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DE AGREGADOS, se calculó el volumen de aire a partir del Porcentaje de aire Atrapado:

$$\text{Porcentaje de Aire atrapado} = 2.5\%$$

$$\text{Volumen de Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

### 8. Calcular el Volumen Absoluto

**TABLA N°139: Volúmenes Absolutos**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
VOLUMEN DE AGUA	0.217	m3
VOLUMEN DE CEMENTO	0.154	m3
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.377	m3
VOLUMEN DE AIRE	0.025	m3
<b>TOTAL</b>	<b>0.772</b>	<b>m3</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 9. Calculo de Volumen de Agregado Fino

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - \sum \text{Volumen Absolutos}$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - 0.772$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 0.228 \text{ m}^3$$

## 10. Primer Cálculo de Pesos de los Materiales

**TABLA N° 140: Pesos Absolutos de Agua, Cemento, Agregado Grueso y Fino**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.217	1000.00	216.55
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.377	2642.00	996.49
AGREGADO FINO	0.228	2790.00	635.25
AIRE	0.025		
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>2281.40</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

## 11. Corrección por Humedad y Absorción

Utilizando el contenido de humedad en el momento en que se realiza el ensayo, puesto que como sabemos tanto la absorción como el contenido de humedad son parámetros que cambian, y se tiene que corregir tomando en cuenta estos factores en el momento de realización el diseño.

De la TABLA N° 140: DATOS DEL AGREGADO GRUESO se obtiene el contenido de humedad del Agregado Grueso de  $1+4.45\% = 1.0445$  y de la TABLA N° 140: DATOS DEL AGREGADO FINO el contenido de humedad del agregado Fino de  $1+1.34\% = 1.0134$ .

$$\text{Peso Corregido} = \text{Cont. de Humedad} \times \text{Peso}$$

**TABLA N° 141: Peso Corregido de los Agregados Grueso y Fino**

PESO CORREGIDO			
AGREGADO GRUESO	1.0445	x 996.49 =	1040.83 Kgf
AGREGADO FINO	1.0134	x 635.25 =	643.76 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Balance de Agua} = W - \text{Abs}$$

TABLA N° 142: Cálculo de Balance de Agua

BALANCE DE AGUA		
AGREGADO GRUESO	4.45 - 2.006 =	2.444 %
AGREGADO FINO	1.34 - 1.320 =	0.02 %

FUENTE: Elaboración (Propia)

Contribución de Agua = Peso Absoluto Agregado x Aportes de Agua

TABLA N° 143: Cálculo de Contribución de Agua

CONTRIBUCIÓN DE AGUA		
AGREGADO GRUESO	1040.83 x 0.02444 =	25.437 Kgf
AGREGADO FINO	643.76 x 0.0002 =	0.129 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

Se determinó posteriormente el Agua final de Mezcla:

Agua Final = Peso Absoluto Agua – Aportes de Agua

Agua Final = 216.55 – 25.437 – 0.129

Agua Final = 190.990 Kgf

## 12. Dosificación Final por Metro Cúbico

TABLA N° 144: Dosificación Final por Metro Cúbico

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.191	1000.00	190.99
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.377	2547.69	996.49
AGREGADO FINO	0.228	2790.00	635.25
AIRE	0.025		
<b>TOTAL</b>	<b>0.974</b>		<b>2255.84</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

Para la elaboración de nuestro diseño se empleó arena fina estándar de las canteras de Cunyac y Huambutio, para que al final se pueda sumar el peso de los agregados grueso y fino de la dosificación final, y se obtenga una sola

cantidad de agregado, ya que el mérito de nuestra tesis comprende el uso de granulometría homogénea de agregado grueso a fin de conseguir que nuestro concreto sea permeable sin el uso de aditivos. Realizando dicha acción se obtuvo la siguiente tabla:

**TABLA N° 145: Dosificación Final Corregida por Metro Cúbico**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.191	1000.00	190.99
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.605	2547.69	1631.74
AIRE	0.025		-
<b>TOTAL</b>	<b>0.974</b>		<b>2255.84</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 13. Dosificación Final por Briqueta

El Volumen de una briqueta está comprendido por el diámetro interno de la base multiplicado por la altura de la briquetera.

$$V_{\text{briqueta}} = A_{\text{base}} * \text{Altura}$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * r^2) * H$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * 0.05^2) * 0.20$$

$$V_{\text{briqueta}} = 0.0016 \text{ m}^3$$

**TABLA N° 146: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/2"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.300	Kgf
CEMENTO	0.680	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.563	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

De manera homogénea se realizó el diseño para diferentes granulometrías restantes de 3/8" y 1/4". Se muestra los resultados de las dosificaciones finales, en las siguientes tablas:

**TABLA N° 147: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 3/8"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.324	Kgf
CEMENTO	0.718	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.465	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 148: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/4"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.343	Kgf
CEMENTO	0.755	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.376	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.7. Revenimiento

#### 3.6.2.7.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Revenimiento para agregado de 1/2"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 22 cm  
Diámetro 2 = 23 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 21 cm  
Diámetro 2 = 22 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 23 cm  
Diámetro 2 = 22 cm



## Revenimiento para agregado de 3/8"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 26 cm  
Diámetro 2 = 27 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 25 cm  
Diámetro 2 = 26 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 27 cm  
Diámetro 2 = 28 cm

## Revenimiento para agregado de 1/4"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 30 cm  
Diámetro 2 = 31 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 29 cm  
Diámetro 2 = 30 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 32 cm  
Diámetro 2 = 31 cm

## 3.6.2.7.2. Tablas

TABLA N° 149: Revenimiento Del Agregado Grueso Homogéneo De 1/2"

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/2"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/2"	7	22	23	22.5	cm
1/2"	14	21	22	21.5	cm
1/2"	28	23	22	22.5	cm
REVENIMIENTO				22.17	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 150: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 3/8"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 3/8"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
3/8"	7	26	27	26.5	cm
3/8"	14	25	26	25.5	cm
3/8"	28	27	28	27.5	cm
REVENIMIENTO				26.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 151: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 1/4"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/4"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/4"	7	30	31	30.5	cm
1/4"	14	29	30	29.5	cm
1/4"	28	32	31	31.5	cm
REVENIMIENTO				30.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.7.3. ANÁLISIS DE LA PRUEBA

Vemos que el revenimiento de la mezcla con los agregados de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Abril presenta una muestra seca por el tipo de diseño y la relación agua cemento, variando en sus diámetros de acuerdo al tamaño del agregado para 1/2" = 22.17 cm, 3/8" = 26.5 cm y 1/4" = 30.5, por lo tanto a menor tamaño del agregado mayor será el revenimiento.

### 3.6.2.8. Permeabilidad

#### 3.6.2.8.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Permeabilidad

$$K = \text{VOL. DE AGUA (ml)} / \text{TIEMPO (s)}$$

- Infiltración

$$I_f = \text{LITROS (l)} * \text{TIEMPO (s)} * \text{ÁREA (m}^2\text{)}$$

3.6.2.8.2. Tablas

TABLA N° 152: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/2"	1 - A	21.00	10.10	13.35	1770	132.58
	2 - A	21.00	10.10	10.73	1700	158.43
	3 - A	21.00	10.00	11.55	1640	141.99
	4 - A	21.00	10.07	12.18	1750	143.68
	5 - A	20.93	10.00	13.46	1780	132.24
	6 - A	21.00	10.03	10.56	1810	171.40
	7 - A	20.67	10.00	11.24	1790	159.25
	8 - A	20.20	10.00	13.21	1720	130.20
	9 - A	20.50	10.00	13.03	1650	126.63
	10 - A	20.87	10.13	12.51	1630	130.30
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/2"					142.67	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

TABLA N° 153: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
3/8"	11 - A	20.33	10.10	18.91	1300	68.75
	12 - A	20.30	10.07	17.00	1640	96.47
	13 - A	20.10	10.07	18.61	1600	85.98
	14 - A	20.17	10.03	18.03	1630	90.40
	15 - A	20.83	10.03	18.40	1480	80.43
	16 - A	20.17	10.00	17.81	1710	96.01
	17 - A	20.93	10.00	18.14	1730	95.37
	18 - A	20.70	10.00	37.43	1750	46.75
	19 - A	20.47	10.00	22.33	1710	76.58
	20 - A	20.57	10.00	18.58	1770	95.26
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 3/8"					83.20	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 154: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/4"	21 - A	20.10	10.03	22.48	1730	76.96
	22 - A	20.00	10.09	17.73	1740	98.14
	23 - A	19.87	10.08	17.51	1710	97.66
	24 - A	20.50	10.07	17.45	1720	98.57
	25 - A	20.17	10.03	25.65	1640	63.94
	26 - A	20.20	10.03	22.13	1685	76.14
	27 - A	20.50	10.13	26.29	1550	58.96
	28 - A	20.63	10.13	25.45	1720	67.58
	29 - A	20.40	10.18	25.21	1730	68.62
	30 - A	20.80	10.12	24.21	1700	70.22
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/4"					77.68	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.8.3. Análisis de la Prueba

Es uno de los ensayos más importantes, porque va permitir conocer un parámetro más importante, el coeficiente de permeabilidad, el cual caracteriza a nuestro concreto poroso, se usa un permeámetro de carga variable recomendado en el reporte (ACI.522R-06, 2006).

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de sus espacios interconectados. Un material será permeable cuando contenga espacios vacíos interconectados (porosidad). La circulación de agua a través de las briquetas de concreto poroso son para 1/2" = 142 ml/s, 3/8" = 83.20 ml/s y 1/4" = 77.68 ml/s.

### 3.6.2.9. Infiltración

#### 3.6.2.9.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

➤ Transformamos

- Mililitros a Litros
- Centímetros Cuadrados a Metros Cuadrados
- Segundos a Minutos

$$I_f = (mL/1000) * (3.1416 * (D/2)^2 cm^2 / 10000) / (seg/60)$$

➤ Infiltración

$$I_f = \text{LITROS (l)} * \text{ÁREA (m}^2\text{)} / \text{TIEMPO (min)}$$

3.6.2.9.2. Tablas

**TABLA N° 155: Infiltración del Concreto Poroso de 1/2"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m2)
1/2"	1 - A	10.10	13.35	1770	992.91
	2 - A	10.10	10.73	1700	1186.50
	3 - A	10.00	11.55	1640	1084.73
	4 - A	10.07	12.18	1750	1083.13
	5 - A	10.00	13.46	1780	1010.26
	6 - A	10.03	10.56	1810	1300.72
	7 - A	10.00	11.24	1790	1216.60
	8 - A	10.00	13.21	1720	994.69
	9 - A	10.00	13.03	1650	967.39
	10 - A	10.13	12.51	1630	969.36
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/2"				1080.63	l/min/m2

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 156: Infiltración del Concreto Poroso de 3/8"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m2)
3/8"	11 - A	10.10	18.91	1300	514.84
	12 - A	10.07	17.00	1640	727.25
	13 - A	10.07	18.61	1600	648.13
	14 - A	10.03	18.03	1630	686.06
	15 - A	10.03	18.40	1480	610.40
	16 - A	10.00	17.81	1710	733.49
	17 - A	10.00	18.14	1730	728.57
	18 - A	10.00	37.43	1750	357.17
	19 - A	10.00	22.33	1710	585.02
	20 - A	10.00	18.58	1770	727.76
PROMEDIO INFILTRACIÓN 3/8"				631.87	l/min/m2

FUENTE: Elaboración (Propia)

TABLA N° 157: Infiltración del Concreto Poroso de 1/4"

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m <sup>2</sup> )
1/4"	21 - A	10.03	22.48	1730	584.01
	22 - A	10.09	17.73	1740	735.92
	23 - A	10.08	17.51	1710	733.77
	24 - A	10.07	17.45	1720	743.06
	25 - A	10.03	25.65	1640	485.21
	26 - A	10.03	22.13	1685	577.81
	27 - A	10.13	26.29	1550	438.63
	28 - A	10.13	25.45	1720	502.80
	29 - A	10.18	25.21	1730	505.54
	30 - A	10.12	24.21	1700	523.44
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/4"				583.02	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.9.3. Análisis de la Prueba

La infiltración es muy importante porque vemos que esta propiedad del concreto poroso tiene que ver mucho el tamaño máximo del agregado grueso y está en función de la cantidad de litros que puede pasar en un área en un tiempo determinado. Para un tamaño máximo de 1/2" = 1080.63 l/min/m<sup>2</sup>, 1/4" = 631 = l/min/m<sup>2</sup> y 583.02 l/min/m<sup>2</sup>.

### 3.6.2.10. Aceptación de Briquetas

#### 3.6.2.10.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las Briquetas

Diámetros

D1 = Diámetro 1

D2 = Diámetro 2

D3 = Diámetro 3

Alturas

H1 = Altura 1

H2 = Altura 2

H3 = Altura 3



- N.T.P. 339.04

Que los diámetros no tenga diferencia máximo 2%

- Factor de relación Altura / Diámetro

$$F.A.D. = H/D$$

- Área de contacto briqueta máquina de compresión

$$A = 3.1416*(R)^2$$

- Volumen de la briqueta

$$V.= A * L$$

- Densidad de la briqueta

$$D= P/V$$

#### **3.6.2.10.2. Tablas**



**TABLA N° 158: Aceptación de Briquetas para Concreto Poroso de la Cantera de Abril a los 7 Días**

ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO															
TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm <sup>2</sup> )	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	7	10.03	9.98	10.10	1	10.04	20.05	20.05	20.05	20.05	2.0	79.12	1586.30	3230.03	2036.21
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.04	20.05	20.05	2.0	78.64	1576.57	3014.05	1911.78
	7	10.01	10.00	10.10	1	10.04	20.04	20.04	20.05	20.04	2.0	79.12	1585.77	3216.93	2028.62
	7	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.05	20.04	20.04	20.04	2.0	78.54	1574.20	3000.93	1906.32
	7	10.03	10.00	10.00	0	10.01	21.00	20.05	20.05	20.37	2.0	78.70	1602.80	3120.83	1947.11
	7	10.02	10.00	10.10	1	10.04	20.06	20.05	20.05	20.05	2.0	79.17	1587.61	3037.93	1913.52
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.04	20.05	20.05	2.0	78.64	1576.57	3052.80	1936.36
	7	10.01	10.00	10.10	1	10.04	20.04	20.04	20.05	20.04	2.0	79.12	1585.77	3135.70	1977.40
	7	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.05	20.04	20.04	20.04	2.0	78.54	1574.20	3015.80	1915.76
	7	10.03	10.00	10.00	0	10.01	21.00	20.05	20.05	20.37	2.0	78.70	1602.80	3231.80	2016.35
3/8"	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.00	20.05	20.05	20.03	2.0	78.64	1575.52	3104.73	1970.61
	7	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.05	20.05	20.07	20.03	2.0	78.64	1575.52	3121.25	1981.10
	7	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.03	20.04	20.03	20.06	2.0	78.70	1578.40	3091.63	1958.71
	7	10.02	10.00	10.10	1	10.01	20.02	20.03	20.05	20.03	2.0	78.70	1576.57	3108.13	1971.46
	7	10.01	10.00	10.01	0	10.04	20.01	20.02	20.06	20.03	2.0	79.17	1586.03	3138.63	1978.92
	7	10.02	10.01	10.00	0	10.01	20.05	20.05	20.05	20.03	2.0	78.64	1575.25	3236.43	2054.54
	7	10.02	10.00	10.10	1	10.01	20.05	20.05	20.07	20.05	2.0	78.70	1577.88	3251.30	2060.55
	7	10.02	10.00	10.10	1	10.04	20.03	20.04	20.03	20.06	2.0	79.17	1587.88	3153.50	1985.98
	7	10.02	10.00	10.10	1	10.04	20.02	20.03	20.05	20.03	2.0	79.17	1586.03	3123.00	1969.07
	7	10.01	10.00	10.10	1	10.04	20.01	20.02	20.06	20.03	2.0	79.17	1586.03	3106.50	1958.66
1/4"	7	10.00	10.00	10.00	0	10.04	20.03	20.02	20.02	20.03	2.0	79.12	1584.71	3317.63	2093.52
	7	10.01	10.01	10.01	0	10.00	20.08	20.06	20.07	20.02	2.0	78.54	1572.63	3326.95	2115.53
	7	10.02	10.01	10.00	0	10.01	20.00	20.00	20.01	20.07	2.0	78.70	1579.45	3304.53	2092.20
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.00	2.0	78.70	1574.21	3313.83	2105.08
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.03	20.02	20.04	2.0	78.64	1576.30	3080.13	1954.02
	7	10.01	10.00	10.10	1	10.01	20.05	20.04	20.04	20.03	2.0	78.64	1575.52	3299.93	2094.51
	7	10.01	10.01	10.10	1	10.04	20.08	20.06	20.07	20.04	2.0	79.12	1585.77	3314.80	2090.34
	7	10.02	10.01	10.00	0	10.04	20.00	20.00	20.01	20.07	2.0	79.17	1588.93	3095.00	1947.85
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.00	2.0	78.70	1574.21	3328.70	2114.53
	7	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.03	20.02	20.04	2.0	78.64	1576.30	3319.40	2105.81

FUENTE: Elaboración (Propia)





ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO

TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	14	10.03	9.98	10.01	0	10.01	20.05	20.05	20.05	20.05	2.0	78.64	1576.82734	3226.03	2045.90
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.04	20.05	20.05	2.0	78.64	1576.57	3010.05	1909.25
	14	10.01	10.00	10.01	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.04	2.0	78.64	1576.30	3212.93	2038.27
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.05	20.04	20.04	20.04	2.0	78.54	1574.20	2996.93	1903.78
	14	10.03	10.00	10.00	0	10.01	21.00	20.05	20.05	20.37	2.0	78.70	1602.80	3116.83	1944.62
	14	10.02	10.00	10.10	1	10.04	20.06	20.05	20.05	20.05	2.0	79.17	1587.61	3033.93	1911.00
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.04	20.05	20.05	2.0	78.64	1576.57	3048.80	1933.82
	14	10.01	10.00	10.01	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.04	2.0	78.64	1576.30	3131.70	1986.74
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.05	20.04	20.04	20.04	2.0	78.54	1574.20	3011.80	1913.22
	14	10.03	10.00	10.00	0	10.01	21.00	20.05	20.05	20.37	2.0	78.70	1602.80	3227.80	2013.85
3/8"	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.00	20.05	20.05	20.03	2.0	78.64	1575.52	3100.73	1968.07
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.05	20.05	20.07	20.03	2.0	78.64	1575.52	3117.25	1978.56
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.03	20.04	20.03	20.06	2.0	78.70	1578.40	3087.63	1956.17
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.02	20.03	20.05	20.03	2.0	78.70	1576.57	3104.13	1968.92
	14	10.01	10.00	10.01	0	10.01	20.01	20.02	20.06	20.03	2.0	78.70	1576.57	3134.63	1988.26
	14	10.02	10.01	10.00	0	10.01	20.05	20.05	20.05	20.03	2.0	78.64	1575.25	3232.43	2052.01
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.05	20.05	20.07	20.05	2.0	78.70	1577.88	3247.30	2058.02
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.03	20.04	20.03	20.06	2.0	78.70	1578.40	3149.50	1995.37
	14	10.02	10.00	10.01	0	10.01	20.02	20.03	20.05	20.03	2.0	78.70	1576.57	3119.00	1978.35
	14	10.01	10.00	10.01	0	10.01	20.01	20.02	20.06	20.03	2.0	78.70	1576.57	3102.50	1967.88
1/4"	14	10.00	10.00	10.00	0	10.01	20.03	20.02	20.02	20.03	2.0	78.64	1575.25	3313.63	2103.55
	14	10.01	10.01	10.01	0	10.00	20.08	20.06	20.07	20.02	2.0	78.54	1572.63	3322.95	2112.99
	14	10.02	10.01	10.00	0	10.01	20.00	20.00	20.01	20.07	2.0	78.70	1579.45	3300.53	2089.67
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.00	2.0	78.70	1574.21	3309.83	2102.54
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.03	20.02	20.04	2.0	78.64	1576.30	3076.13	1951.48
	14	10.01	10.00	10.01	0	10.01	20.05	20.04	20.04	20.03	2.0	78.64	1575.52	3295.93	2091.97
	14	10.01	10.01	10.01	0	10.01	20.08	20.06	20.07	20.04	2.0	78.64	1576.30	3310.80	2100.36
	14	10.02	10.01	10.00	0	10.01	20.00	20.00	20.01	20.07	2.0	78.70	1579.45	3091.00	1957.01
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.04	20.04	20.05	20.00	2.0	78.70	1574.21	3324.70	2111.99
	14	10.02	10.00	10.00	0	10.01	20.05	20.03	20.02	20.04	2.0	78.64	1576.30	3315.40	2103.28

FUENTE: Elaboración (Propia)



ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO

TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm <sup>3</sup> )	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	28	10.10	10.10	10.10	0	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49173	3241.03	1926.33
	28	10.20	10.00	10.10	1	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49	3025.05	1797.96
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	78.54	1649.34	3227.93	1957.10
	28	10.20	10.00	10.00	0	10.07	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.59	1671.40	3011.93	1802.04
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.80	21.00	21.00	20.93	2.1	78.54	1644.10	3131.83	1904.89
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.06	1660.35	3048.93	1836.31
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.50	21.00	20.67	2.1	78.54	1623.16	3063.80	1887.55
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.00	20.30	20.30	20.20	2.0	78.54	1586.51	3146.70	1983.41
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.50	20.50	20.50	2.1	78.54	1610.07	3026.80	1879.92
	28	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.80	20.90	20.90	20.87	2.1	80.65	1682.86	3242.80	1926.95
3/8"	28	10.10	10.10	10.10	0	10.10	20.00	20.50	20.50	20.33	2.0	80.12	1629.08	3115.73	1912.57
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.10	20.50	20.20	20.20	20.33	2.0	80.12	1629.08	3132.25	1922.71
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.30	20.00	20.00	20.30	2.0	79.59	1615.69	3102.63	1920.31
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.50	20.00	20.00	20.10	2.0	79.59	1599.77	3119.13	1949.73
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.03	20.50	21.00	21.00	20.17	2.0	79.06	1594.47	3149.63	1975.35
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.03	20.50	20.00	20.00	20.83	2.1	79.06	1647.18	3247.43	1971.51
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	20.80	20.17	2.0	78.54	1583.89	3262.30	2059.68
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.80	20.80	20.93	2.1	78.54	1644.10	3164.50	1924.76
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.50	20.40	20.70	2.1	78.54	1625.78	3134.00	1927.69
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.70	20.50	20.50	20.47	2.0	78.54	1607.45	3117.50	1939.40
1/4"	28	10.10	10.00	10.00	0	10.00	20.30	20.00	20.00	20.57	2.1	78.54	1615.31	3328.63	2060.68
	28	10.10	10.00	10.18	2	10.03	20.00	20.00	20.00	20.10	2.0	79.06	1589.20	3337.95	2100.40
	28	10.10	10.00	10.15	2	10.09	20.00	19.80	19.80	20.00	2.0	80.01	1600.26	3315.53	2071.87
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.08	20.50	20.50	20.50	19.87	2.0	79.85	1586.44	3324.83	2095.78
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.50	20.00	20.00	20.50	2.0	79.59	1631.61	3091.13	1894.53
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.20	20.20	20.20	20.17	2.0	79.06	1594.47	3310.93	2076.51
	28	10.20	10.10	10.10	0	10.03	20.40	20.40	20.70	20.20	2.0	79.06	1597.10	3325.80	2082.40
	28	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.50	20.70	20.70	20.50	2.0	80.65	1653.29	3106.00	1878.68
	28	10.20	10.20	10.15	0	10.13	20.30	20.30	20.60	20.63	2.0	80.65	1664.04	3339.70	2006.98
	28	10.20	10.10	10.07	0	10.18	20.80	20.80	20.80	20.40	2.0	81.45	1661.50	3330.40	2004.45

FUENTE: Elaboración (Propia)

**3.6.2.10.3. Análisis de la Prueba**

Antes de ser sometidos a la prueba de compresión las briquetas de concreto poroso tienen que pasar por un control de calidad que implica diámetros y alturas que no exceda del 2 % del molde de briketa que sean lo más homogéneo, determinar el factor de relación altura/ diámetro, área, volumen y densidad. Los cuales tienen que cumplir lo estándares para ser ensayados en la máquina de compresión axial y no tener datos erróneos .ya que se cuenta con gran cantidad de muestras de 1/2", 3/8" y 1/4" a los 7,14 y 28 días.

**3.6.2.11. Ensayo de Compresión de Briquetas**

**3.6.2.11.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba**

Para determinar la resistencia real de las briquetas sometidas a la máquina de compresión axial se hace una calibración que está en función de la Carga Máxima Aplicada entre el Área de la Sección.

$$\text{CORRECCIÓN} = \text{CARGA MÁXIMA} / \text{ÁREA}$$

**3.6.2.11.2. Tablas**

**TABLA N° 161: Rotura de Concreto Poroso a los 7 Días Cantera de Abril**

ROTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - A	79.1	5470.0	69.1	32.92	58.8	28.01
	2 - A	78.6	4132.0	52.5	25.02		
	3 - A	79.1	3660.0	46.3	22.03		
	4 - A	78.5	4690.0	59.7	28.44		
	5 - A	78.7	5050.0	64.2	30.56		
	6 - A	79.2	4760.0	60.1	28.63		
	7 - A	78.6	3777.9	48.0	22.88		
	8 - A	79.1	4800.1	60.7	28.89		
	9 - A	78.5	5160.1	65.7	31.29		
	10 - A	78.7	4870.1	61.9	29.47		

3/8"	11 - A	78.6	5750.0	73.1	34.82	77.8	37.06
	12 - A	78.6	5010.0	63.7	30.34		
	13 - A	78.7	9130.0	116.0	55.24		
	14 - A	78.7	6840.0	86.9	41.39		
	15 - A	79.2	4740.0	59.9	28.51		
	16 - A	78.6	4340.0	55.2	26.28		
	17 - A	78.7	9255.8	117.6	56.01		
	18 - A	79.2	6965.8	88.0	41.90		
	19 - A	79.2	4865.8	61.5	29.27		
	20 - A	79.2	4465.8	56.4	26.86		
1/4"	21 - A	79.1	8580.0	108.4	51.64	102.2	48.65
	22 - A	78.5	8470.0	107.8	51.35		
	23 - A	78.7	7110.0	90.3	43.02		
	24 - A	78.7	9010.0	114.5	54.52		
	25 - A	78.6	8110.0	103.1	49.11		
	26 - A	78.6	7230.0	91.9	43.78		
	27 - A	79.1	7243.6	91.6	43.60		
	28 - A	79.2	9143.6	115.5	55.00		
	29 - A	78.7	8243.6	104.8	49.88		
	30 - A	78.6	7363.6	93.6	44.59		

FUENTE: ELABORACIÓN (PROPIA)

**TABLA N° 162: Ruptura de Concreto Poroso a los 14 Días Cantera de Abril**

ROTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 14 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - A	78.6	5670.0	72.1	34.33	71.7	34.15
	2 - A	78.6	5610.0	71.3	33.97		
	3 - A	78.6	3800.0	48.3	23.01		
	4 - A	78.5	6950.0	88.5	42.14		
	5 - A	78.7	6580.0	83.6	39.82		
	6 - A	79.2	5520.0	69.7	33.20		
	7 - A	78.6	3917.8	49.8	23.72		
	8 - A	78.6	6060.0	77.1	36.69		
	9 - A	78.5	6690.0	85.2	40.56		
	10 - A	78.7	5630.0	71.5	34.07		

3/8"	11 - A	78.6	7590.0	96.5	45.96	86.7	41.29
	12 - A	78.6	5890.0	74.9	35.66		
	13 - A	78.7	7760.0	98.6	46.96		
	14 - A	78.7	7070.0	89.8	42.78		
	15 - A	78.7	5590.0	71.0	33.82		
	16 - A	78.6	6700.0	85.2	40.57		
	17 - A	78.7	7885.6	100.2	47.72		
	18 - A	78.7	7195.6	91.4	43.54		
	19 - A	78.7	5715.7	72.6	34.59		
	20 - A	78.7	6825.7	86.7	41.30		
1/4"	21 - A	78.6	9320.0	118.5	56.43	113.7	54.12
	22 - A	78.5	6270.0	79.8	38.02		
	23 - A	78.7	9870.0	125.4	59.72		
	24 - A	78.7	9290.0	118.0	56.21		
	25 - A	78.6	8370.0	106.4	50.68		
	26 - A	78.6	9110.0	115.8	55.16		
	27 - A	78.6	10004.0	127.2	60.57		
	28 - A	78.7	9423.6	119.7	57.02		
	29 - A	78.7	8503.5	108.1	51.45		
	30 - A	78.6	9243.5	117.5	55.97		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 163: Ruptura de Concreto Poroso a los 28 Días Cantera de Abril**

ROTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 28 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - A	80.1	6710.0	83.8	39.88	78.8	37.51
	2 - A	80.1	5372.0	67.1	31.93		
	3 - A	78.5	4900.0	62.4	29.71		
	4 - A	79.6	5930.0	74.5	35.48		
	5 - A	78.5	6290.0	80.1	38.14		
	6 - A	79.1	6000.0	75.9	36.14		
	7 - A	78.5	5420.0	69.0	32.86		
	8 - A	78.5	5890.0	75.0	35.71		
	9 - A	78.5	6530.0	83.1	39.59		
	10 - A	80.6	9420.0	116.8	55.62		



3/8"	11 - A	80.1	6990.0	87.2	41.55	94.6	45.04
	12 - A	80.1	6250.0	78.0	37.15		
	13 - A	79.6	10370.0	130.3	62.04		
	14 - A	79.6	8080.0	101.5	48.34		
	15 - A	79.1	5980.0	75.6	36.02		
	16 - A	79.1	5580.0	70.6	33.61		
	17 - A	78.5	7740.0	98.5	46.93		
	18 - A	78.5	5770.0	73.5	34.98		
	19 - A	78.5	9470.0	120.6	57.42		
	20 - A	78.5	8640.0	110.0	52.38		
1/4"	21 - A	78.5	9820.0	125.0	59.54	144.9	68.98
	22 - A	79.1	9710.0	122.8	58.48		
	23 - A	80.0	8350.0	104.4	49.69		
	24 - A	79.9	10250.0	128.4	61.12		
	25 - A	79.6	9350.0	117.5	55.94		
	26 - A	79.1	8470.0	107.1	51.01		
	27 - A	79.1	19090.0	241.4	114.98		
	28 - A	80.6	13040.0	161.7	77.00		
	29 - A	80.6	15090.0	187.1	89.10		
	30 - A	81.4	12480.0	153.2	72.97		

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.2.11.3. Análisis de la Prueba

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'c$ , de la tesis.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto.

### 3.6.3. Procedimiento de Análisis de Datos del Agregado Grueso Proveniente de la Cantera de Huillque

#### 3.6.3.1. Granulometría del Agregado Grueso

##### 3.6.3.1.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Los resultados del ensayo análisis granulométrico se reportan llenando la tabla granulométrica del agregado grueso el cual cumple con la norma técnica NTP 400.012. Los cuales nos indican porcentajes de partículas aceptables para los diferentes tamaños retenidos en los tamices normalizados para comprobar si el material se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33.

**TABLA N° 164: Análisis Granulométrico del Agregado Grueso**

PESO DEL RECIPIENTE	0.4	kgf
PESO TOTAL	10.4	kgf
PESO DE LA MUESTRA	10	kgf

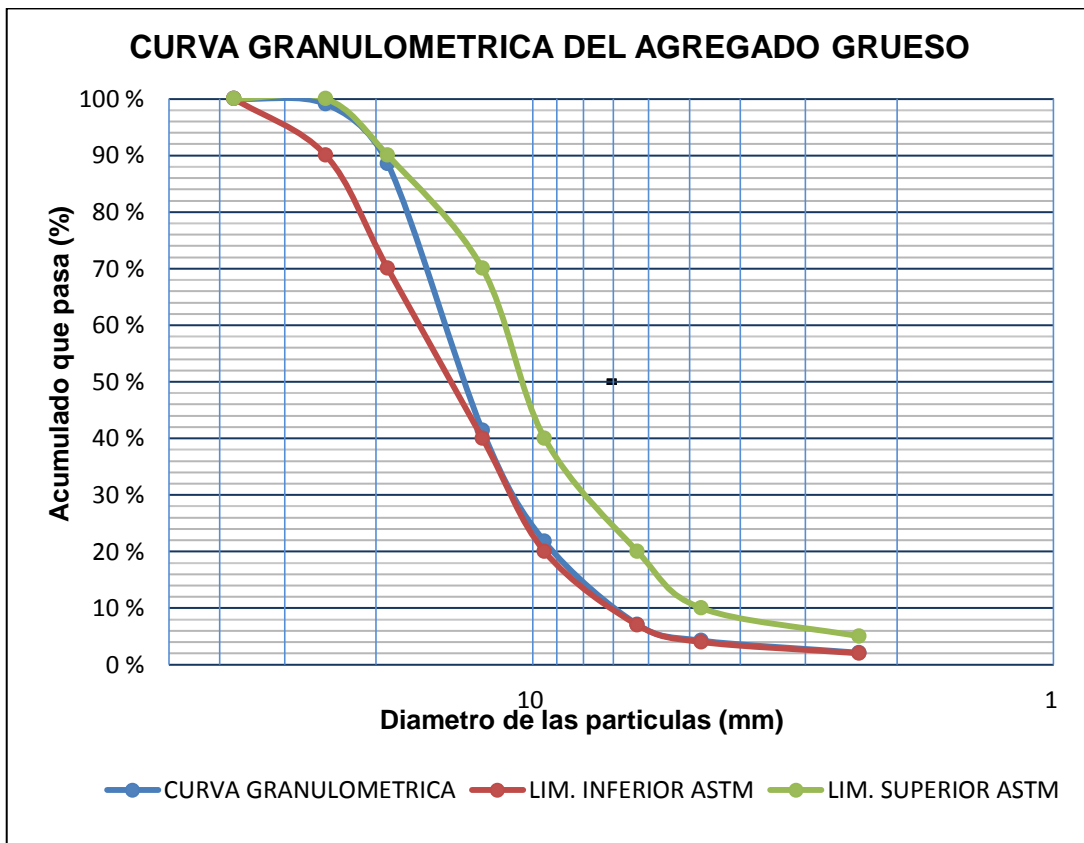
TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (kgf)	CORRECCIÓN (kgf)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
1 1/2"	37.50	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.095	0.10	0.95	0.95	99.05
3/4"	19.00	1.055	1.06	10.55	11.50	88.50
1/2"	12.50	4.705	4.72	47.15	58.65	41.35
3/8"	9.50	1.960	1.96	19.60	78.25	21.75
1/4"	6.30	1.465	1.47	14.65	92.90	7.10
N° 4	4.75	0.285	0.29	2.85	95.75	4.25
N°8	2.36	0.205	0.22	2.15	97.90	2.10
FONDO		0.210	0.21	2.10	100.00	0.00
TOTAL		9.98	10.00	100.00		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**Análisis:** Se puede observar que el mayor retenido se encuentra en el tamiz 1/2" y que la gradación del agregado grueso es variable.

### 3.6.3.1.2. Diagrama

FIGURA N° 51: Curva granulométrico del agregado grueso cantera de Huillque



FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.1.3. Análisis de la Granulometría del Agregado Grueso

En el ensayo de la granulometría del agregado grueso para la cantera de Abril, se determina que se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33, siendo este agregado apto para la fabricación del concreto permeable.

### 3.6.3.2. Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso

#### 3.6.3.2.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Para poder determinar el contenido de humedad del agregado fino se utilizara los datos obtenidos anteriormente y la siguiente formula:

$$\% H. = \frac{W-D}{D} * 100$$



- Peso antes del horno  
P.A.H. = 3.27 kgf
- Peso después del horno  
P.D.H. = 3.13 kgf

### 3.6.3.2.2. Tablas

**TABLA N° 165: Calculo del Porcentaje de Humedad del Agregado Grueso**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
W	MASA DE LA MUESTRA ORIGINAL	3.27	kgf
D	MASA DE LA MUESTRA SECA	3.13	kgf
PORCENTAJE DE HUMEDAD		4.25	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.2.3. Análisis de la Prueba

El contenido de humedad del agregado grueso se realizó con material de la cantera de Abril el cual contiene 4.25 % el cual tiene un valor alto ya que este agregado es un material que retiene el agua en sus poros.

### 3.6.3.3. Peso Específico de los Agregado Grueso

#### 3.6.3.3.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Peso específico de masa:

$$P. E. M. = \frac{3.13 \text{ kgf}}{3.19 \text{ kgf} - 2.06 \text{ kgf}} = 2.76 \times 1000 = 2762 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico de una masa saturada con superficie seca:

$$P. E. M. S. S. S. = \frac{3.19 \text{ kgf}}{3.19 \text{ kgf} - 2.06 \text{ kgf}} = 2.81 \times 1000 = 2816 \text{ kgf/m}^3$$

- Peso específico aparente:

$$P. E. A. = \frac{3.13 \text{ kgf}}{3.13 \text{ kgf} - 2.06 \text{ kgf}} = 2.91 \times 1000 = 2917 \text{ kgf/m}^3$$

- Absorción:

$$AB. = \frac{3.19 \text{ kgf} - 3.13 \text{ kgf}}{3.13 \text{ kgf}} * 100 = 1.92 \%$$

### 3.6.3.3.2. Tablas

**TABLA N° 166: Cálculo del Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso**

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
A =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECA DESPUÉS DEL HORNO	3.13	Kgf
B =	PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA	3.19	Kgf
C =	PESO EN EL AGUA DE LA MUESTRA SATURADA	2.06	Kgf
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA		2762	Kgf/m <sup>3</sup>
ABSORCIÓN		1.92	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.3.3. Análisis del Peso Específico de Agregado Grueso

La importancia de esta propiedad radica en la obtención de los volúmenes que ocupara un agregado en el concreto de manera más exacta. De los valores obtenidos de 2.76 gr/cm<sup>3</sup>, se deduce que el agregado tiene un regular peso específico en relación a un agregado de canto rodado, debido a que es un agregado obtenido mediante la trituración de rocas; pues el canto rodado se hace más resistente debido a la erosión sufrida en su transporte por el río, mientras el agregado de la cantera de Abril no sufre este proceso.

### 3.6.3.4. Peso Unitario del Agregado Grueso

#### 3.6.3.4.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

##### 3.6.3.4.1.1. Peso Unitario (Suelto) Cantera de Huillque

- Características del Molde  
Peso = 5.45 kgf  
Volumen = 0.006 m<sup>3</sup>
  
- Peso del molde más agregado grueso  
P.M. + A.G. = 13.83 kgf



- Peso Agregado Grueso

$$\text{P.A.G.} = 13.33\text{kgf} - 5.45\text{kgf} = 8.38 \text{ kgf}$$

- Peso unitario suelto

$$\text{P.U.S.} = \frac{8.38}{0.006} = 1492.83 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2762/1000) * 998 - 1492.83}{((2762/1000) * 998)} * 100 = 45.85 \%$$

#### 3.6.3.4.1.2. Peso Unitario (Compactado) Cantera de Huillque

- Características del Molde

$$\text{Peso} = 5.45 \text{ kgf}$$

$$\text{Volumen} = 0.006 \text{ m}^3$$

- Peso del molde más agregado grueso

$$\text{P.M.} + \text{A.G.} = 14.56 \text{ kgf}$$

- Peso Agregado Grueso

$$\text{P.A.G.} = 14.56 \text{ kgf} - 5.45\text{kgf} = 9.11 \text{ kgf}$$

- Peso unitario compactado

$$\text{P.U.C.} = \frac{9.11}{0.006} = 1622.87 \text{ kgf/m}^3$$

- Contenido de vacíos

$$\% \text{ vacíos} = \frac{(2762/1000 * 998) - 1622.87}{((2762/1000) * 998)} = 41.13 \%$$

### 3.6.3.4.2. TABLAS

**TABLA N° 167: Cálculo del Peso Unitario Suelto del Agregado Grueso**

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m <sup>3</sup>
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	13.83	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	8.38	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2762	kgf/m <sup>3</sup>
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO SUELTO		1492.83	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE VACÍO		45.85	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 168: Cálculo del Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso**

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
P.M.	PESO MOLDE	5.45	kgf
V.M.	VOLUMEN DEL MOLDE	0.006	m <sup>3</sup>
P.M. + P.A.G.	PESO DE MOLDE + AGREGADO GRUESO	14.56	kgf
P.A.G.	PESO AGREGADO GRUESO	9.11	kgf
P.E.M.	PESO ESPECÍFICO DE LA MASA	2762	kgf/m <sup>3</sup>
P.E.A.	PESO ESPECÍFICO DE AGUA	998	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO		1622.87	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE VACÍO		41.13	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.4.3. Análisis de la Prueba

El peso unitario del agregado grueso es el resultado del peso de la muestra apisonada entre el volumen del recipiente. Para realizar una buena dosificación por volumen, es necesario conocer los valores de peso unitario suelto y compactado, en este caso de la cantera de Abril en estado suelto es de 1492.83 kg/m<sup>3</sup>, para peso unitario compactado se obtuvo 1622.87 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.6.3.5. Prueba de Abrasión los Ángeles

#### 3.6.3.5.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las taras  
Peso Tara 1=0.55 kgf  
Peso Tara 2=0.40 kgf
- Peso del agregado grueso  
P.A.G. = 5.00 kgf = A
- Peso sometido a la máquina de los ángeles  
P.S.M.A. = 4.25 kgf = B
- Peso despojos del agregado grueso  
P.D.A.G. = 0.75 kgf
- Porcentaje de desgaste  
$$C = \frac{(A-B)}{A} * 100 \quad C = \frac{5.0 - 4.25}{5.0} * 100 = 15 \%$$

#### 3.6.3.5.2. Tablas

**TABLA N° 169: Calculo de la Prueba de Abrasión de los Ángeles**

PRUEBA DE ABRASIÓN LOS ÁNGELES			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	VALORES	UNIDAD
T1	TARA 1	0.55	kgf
P.A.G.	PESO DEL AGREGADO GRUESO	5.00	kgf
P.S.M.A.	P. SOMETIDO A LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES	4.25	kgf
T2	TARA 2	0.40	kgf
P.D.A.G.	PESO DESPOJOS DEL AGREGADO GRUESO	0.75	kgf
A.	PESO AGREGADO ANTES DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	5.00	kgf
B.	PESO AGREGADO DESPUÉS DE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES	4.25	kgf
C.	PORCENTAJE DE DESGASTE	15	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

#### 3.6.3.5.3. Análisis de la Prueba

Según los resultados obtenidos en el laboratorio se puede determinar que contamos con un agregado de alta resistencia al desgaste. Por lo tanto que dicho agregado es apto para el diseño de la mezcla de concreto permeable , ya que nos podría garantizar buenos resultados al ser utilizado debido a la dureza que presenta al ser sometido a fricciones junto con las esferas.

También se puede tener en cuenta que las propiedades de los agregados dependen principalmente de las características de la roca madre de donde proviene que es la cantera de Huillque. El porcentaje de desgaste de 14.8% sirve para la fabricación de concreto permeable y sus distintos usos.

### 3.6.3.6. Diseño de Mezclas Cantera Huillque Agregado de 1/2"

En este paso se procede a diseñar una mezcla de concreto, cuya resistencia a la compresión, es de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , asumiendo que la elaboración del concreto va a tener un grado de control bueno. Las condiciones de obra requieren una mezcla fluida. El concreto no será expuesto a agentes degradantes (no tendrá aire incorporado) ni contendrá aditivos.

El método a emplear para el diseño de mezclas es el Método A.C.I. 211,2-98

#### 3.6.3.6.1. Datos Obtenidos de los Componentes del Concreto

Mediante los ensayos realizados anteriormente a los componentes del concreto, se ha obtenido los siguientes datos, siendo de mucha importancia para la realización del diseño de mezclas.

##### i) Agregados

##### ✓ Agregado de la Cantera de Abril

**TABLA N° 170: Datos del Agregado Grueso**

DATOS DEL AGREGADO GRUESO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2782	kgf/m <sup>3</sup>
PESO UNITARIO COMPACTADO SECO	1623	kgf/m <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD	4.253	%
ABSORCIÓN	1.662	%
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1/2"	Pulgada

FUENTE: Elaboración (Propia)

- ✓ Agregado Fino Estándar (Se tomó datos de un agregado fino adecuadamente calibrado para diseños eficientes en la ciudad del Cusco, provenientes de la mezcla de las Canteras de Cunyac y Huambutio mezclados en proporciones de 40% y 60% respectivamente)

TABLA N° 171: Datos del Agregado Fino Estándar

DATOS DEL AGREGADO FINO	CANTIDAD	UNIDAD
PESO ESPECÍFICO SECO	2790	kgf/m <sup>3</sup>
MÓDULO DE FINEZA	2.69	-
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.34	%
ABSORCIÓN	1.32	%

FUENTE: Elaboración (Propia)

**j) Cemento**

- ✓ Cemento Yura Tipo Portland IP
- ✓ Peso Específico 2820 Kg/m<sup>3</sup>

**k) Agua**

- ✓ Agua Potable NTP 339.088 (Requisito agua de mezcla)

**l) Resistencia A La Compresión**

- ✓  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

**3.6.3.6.2. Pasos Para el Cálculo de Diseño de Mezcla Método ACI 211,2-98.****1. Cálculo de la Resistencia Promedio**

Partiendo del hecho que siempre existe dispersión aun cuando se tenga un control riguroso tipo laboratorio debe tenerse en cuenta en la dosificación de una mezcla las diferentes dispersiones que se tendrán en obra según se tenga un control riguroso o no y por tanto se recomienda diseñar para valores más altos que el  $f'c$  especificado.

Se puede considerar la resistencia promedio con que uno debe diseñar una mezcla, teniendo en cuenta lo siguiente  $f'cr$  tomando en cuenta la siguiente tabla:

TABLA N° 172: Resistencia a la Compresión Promedio

$f'c$	$f'cr$
MENOS DE 210	$f'c+70$
<b>210 A 350</b>	<b><math>f'c+84</math></b>
SOBRE 350	$f'c+98$

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$f'cr = f'c + 84$$

$$f'cr = 210 + 84$$

$$f'cr = 294 \text{ kgf/cm}^2$$

## 2. Determinar el Tipo de Asentamiento y Tamaño Máximo Nominal del Agregado

El asentamiento se calcula de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA N° 173: Consistencia Y Asentamientos

CONSISTENCIA	ASENTAMIENTO
SECA	0" (0mm) a 2" (50mm)
PLÁSTICA	3" (75mm) a 4" (100mm)
FLUIDA	$\geq 5"$ (125mm)

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Slump} = 3''$$

Tamaño máximo nominal, obtenido de los Datos de los agregados previos al Diseño de Mezclas.

$$\text{Tamaño Máximo Nominal} = 1/2''$$

## 3. Determinar el Contenido de Agua de Diseño y el Contenido de Aire Atrapado

Se determina el contenido de Agua de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso, el cual es de 1/2 pulg., así como también el aire incorporado que tendrá el concreto. Para ello se emplea la siguiente tabla:



**TABLA N° 174: Requisitos Aproximados de Agua de Mezcla y Contenido de Aire para Diferentes Depresiones y Tamaños Máximos Nominales de Agregados**

SLUMP, EN HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO	AGUA LB/YD3 DE HORMIGÓN PARA TAMAÑOS NOMINALES INDICADAS DE AGREGADOS		
	3/8 PULGADA	1/2 PULGADA	3/4 PULGADA
1 – 2	305	295	280
3 – 4	340	325	305
5 – 6	355	335	315
CONTENIDO DE MEDIA RECOMENDADA + AIRE TOTAL, PORCENTAJE, POR NIVEL DE EXPOSICIÓN			
Exposición leve	4.5	4.0	4.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0
Una exposición extrema	7.5	7.0	6.0
HORMIGÓN SIN AIRE INCORPORADO			
1 – 2	350	335	315
3 – 4	385	365	340
5 – 6	400	375	350
Cantidad aproximada de aire atrapado en el hormigón celular no aire	3	2.5	2

FUENTE: Elaboración (Propia)

De acuerdo a la Tabla N° 153 de volumen unitario del agua confeccionada por el comité 211 del ACI, que se toma en cuenta el Tamaño Máximo Nominal, su asentamiento o slump y teniendo en cuenta si tiene o no aire incorporado.

En nuestro caso el Tamaño Máximo Nominal es de 1/2", el slump varía de 3"-4", y sin aire incorporado el valor sería:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup>**

Se convierte a unidades convencionales:

**Peso de Agua de Mezcla = 365 lb/yd<sup>3</sup> = 216.55 Kgf**

Por tanto el Volumen de Agua de Mezcla sería:

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = \frac{216.55 \text{ Kgf}}{1000 \text{ Kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen de Agua de Mezcla} = 0.217 \text{ m}^3$$

#### 4. Determinar la Relación Agua Cemento (A/C)

Se determina la relación agua/cemento de acuerdo a la resistencia a la compresión del concreto, empleando la siguiente tabla:

**TABLA N° 175: Relación Agua- Cemento y Resistencia a Compresión del Concreto**

FUERZA COMPRESIVA A LOS 28 DÍAS, PSI	RELACIÓN AGUA-CEMENTO APROXIMADA, EN PESO	
	HORMIGÓN NO CON AIRE INCORPORADO	HORMIGÓN CON AIRE ATRAPADO
6000	0.41	-
<b>5000 (350)</b>	<b>0.48</b>	<b>0.40</b>
<b>4000 (280)</b>	<b>0.57</b>	<b>0.48</b>
3000 (210)	0.68	0.59
2000	0.82	0.74

FUENTE: Elaboración (Propia)

Ya que el valor que nosotros necesitamos es de  $f'_{cr} = 294 \text{ Kgf/cm}^2$ , interpolamos los datos para obtener la adecuada relación a/c:

$$\begin{array}{l} 350 \text{ ----- } 0.48 \\ 294 \text{ ----- } X \\ 280 \text{ ----- } 0.57 \end{array}$$
$$X = 0.57 - \frac{(280 - 294)(0.57 - 0.48)}{(280 - 350)}$$
$$X = 0.55$$

Existe una corrección de la relación a/c recomendación de exposición al congelamiento y descongelamiento ACI 211,2-98, la cual recomienda subir la relación de a/c, por ello la nueva relación a/c será:

$$X = 0.50$$

### 5. Calcular el Factor Cemento (Fc) y Volumen del Cemento

Se calculó el factor cemento con la relación agua cemento y peso del Agua de mezcla:

$$FC = \frac{\text{Volumen de agua de mezcla}}{a/c}$$

$$FC = \frac{216.55 \text{ Kgf}}{0.50} = 433.11 \text{ Kgf}$$

Se calculó el volumen del Cemento dividiendo el Peso del cemento entre el peso específico del Cemento Yura tipo IP:

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{\text{Peso}}{\text{Peso específico del Cemento}}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = \frac{433.11 \text{ Kgf}}{2820 \text{ Kgf/m}^3}$$

$$\text{Volumen del Cemento} = 0.154 \text{ m}^3$$

### 6. Determinar el Volumen de Agregado Grueso

Se determinó el volumen del agregado utilizando el módulo de fineza del agregado fino estándar, de la siguiente tabla:

**TABLA N° 176: Volumen de Agregado Grueso por Unidad de Volumen de Concreto**

EL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGARSE, EN	VOLUMEN DE AGREGADOS GRUESOS SUELTOS HORNO DE SECADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE HORMIGÓN PARA DIFERENTE FINURA.			
	MÓDULOS DE ARENA			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8	0.58	0.56	0.54	0.52
1/2	0.67	0.65	0.63	0.61
3/4	0.74	0.72	0.70	0.68

FUENTE: Elaboración (Propia)

Teniendo en cuenta que el módulo de fineza de nuestro agregado estándar es de 2.69, se requiere interpolar:

$$2.80 \text{ ----- } 0.63$$

$$2.69 \text{ ----- } VA$$

$$2.60 \text{ ----- } 0.65$$

$$VA = 0.65 - \frac{(2.80 - 2.69)(0.65 - 0.63)}{(2.80 - 2.60)}$$

$$VA = 0.641 \text{ m}^3$$

Se calculó el volumen absoluto de Agregado Grueso:

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{\text{Volumen Agregado} * \text{Peso Unitario Compactado}}{\text{Peso Específico Seco}}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = \frac{0.641 * 1622.87}{2782.47}$$

$$\text{Volumen de Agregado Grueso} = 0.374 \text{ m}^3$$

### 7. Determinar el Volumen Aproximando de Aire

Según la tabla TABLA N° 153: Requisitos Aproximados De Agua De Mezcla Y Contenido De Aire Para Diferentes Depresiones Y Tamaños Máximos Nominales De Agregados, se calculó el volumen de aire a partir del Porcentaje de aire Atrapado:

$$\text{Porcentaje de Aire atrapado} = 2.5\%$$

$$\text{Volumen de Aire} = \frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ m}^3$$

### 8. Calcular el Volumen Absoluto

TABLA N° 177: Volúmenes Absolutos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD
VOLUMEN DE AGUA	0.217	m3
VOLUMEN DE CEMENTO	0.154	m3
VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO	0.374	m3
VOLUMEN DE AIRE	0.025	m3
<b>TOTAL</b>	<b>0.769</b>	<b>m3</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 9. Cálculo De Volumen De Agregado Fino

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - \sum \text{Volumen Absolutos}$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 1 - 0.769$$

$$\text{Volumen Agregado Fino} = 0.231 \text{ m}^3$$

### 10. Primer Cálculo De Pesos De Los Materiales

**TABLA N° 178: Pesos Absolutos de Agua, Cemento, Agregado Grueso y Fino**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.217	0.217	216.55
CEMENTO	0.154	0.154	433.11
AGREGADO GRUESO	0.374	0.374	1040.26
AGREGADO FINO	0.231	0.231	644.49
AIRE	0.025	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>2334.41</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 11. Corrección Por Humedad y Absorción

Utilizando el contenido de humedad en el momento en que se realiza el ensayo, puesto que como sabemos tanto la absorción como el contenido de humedad son parámetros que cambian, y se tiene que corregir tomando en cuenta estos factores en el momento de realización el diseño.

De la TABLA N° 149: DATOS DEL AGREGADO GRUESO se obtiene el contenido de humedad del Agregado Grueso de  $1+4.25\% = 1.0425$  y de la TABLA N° 00: DATOS DEL AGREGADO FINO el contenido de humedad del agregado Fino de  $1+1.34\% = 1.0134$ .

$$\text{Peso Corregido} = \text{Contenido de Humedad} \times \text{Peso}$$

TABLA N° 179: Peso Corregido de los Agregados Grueso y Fino

PESO CORREGIDO		
AGREGADO GRUESO	1.0425 x 1040.26 =	1084.51 Kgf
AGREGADO FINO	1.0134 x 644.49 =	653.12 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Balance de Agua} = W - Abs$$

TABLA N° 180: Cálculo de Balance de Agua

BALANCE DE AGUA		
AGREGADO GRUESO	4.25 - 1.662 =	2.59 %
AGREGADO FINO	1.34 - 1.320 =	0.02 %

FUENTE: Elaboración (Propia)

$$\text{Contribución de Agua} = \text{Peso Absoluto Agregado} \times \text{Aportes de Agua}$$

TABLA N° 181: Cálculo de Contribución de Agua

CONTRIBUCIÓN DE AGUA		
AGREGADO GRUESO	1084.51 x 0.0259 =	28.100 Kgf
AGREGADO FINO	653.12 x 0.0002 =	0.131 Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

Se determinó posteriormente el Agua final de Mezcla:

$$\text{Agua Final} = \text{Peso Absoluto Agua} - \text{Aportes de Agua}$$

$$\text{Agua Final} = 216.55 - 28.100 - 0.131$$

$$\text{Agua Final} = 188.324 \text{ Kgf}$$

## 12. Dosificación Final por Metro Cúbico

**TABLA N° 182: Dosificación Final por Metro Cúbico**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.188	1000.00	188.32
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.374	2782.47	1040.26
AGREGADO FINO	0.231	2790.00	644.49
AIRE	0.025	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0.972</b>	<b>-</b>	<b>2306.18</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

Para la elaboración de nuestro diseño se empleó arena fina estándar de las canteras de Cunyac y Huambutio, para que al final se pueda sumar el peso de los agregados grueso y fino de la dosificación final, y se obtenga una sola cantidad de agregado, ya que el mérito de nuestra tesis comprende el uso de granulometría homogénea de agregado grueso a fin de conseguir que nuestro concreto sea permeable sin el uso de aditivos. Realizando dicha acción se obtuvo la siguiente tabla: **Específico**

**TABLA N° 183: Dosificación Final Corregida por Metro Cúbico**

ELEMENTO	VOLUMEN ABSOLUTO	PESO ESPECÍFICO	PESO (kgf)
AGUA	0.188	1000.00	188.32
CEMENTO	0.154	2820.00	433.11
AGREGADO GRUESO	0.605	2.78	1684.75
AIRE	0.025	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>0.972</b>	<b>-</b>	<b>2306.18</b>

FUENTE: Elaboración (Propia)

## 13. Dosificación Final por Briqueta

El Volumen de una briqueta está comprendido por el diámetro interno de la base multiplicado por la altura de la briquetera.

$$V_{\text{briqueta}} = A_{\text{base}} * \text{Altura}$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * r^2) * H$$

$$V_{\text{briqueta}} = (\pi * 0.05^2) * 0.20$$

$$V_{\text{briqueta}} = 0.0016 \text{ m}^3$$

**TABLA N° 184: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/2"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.296	Kgf
CEMENTO	0.680	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.646	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

De manera homogénea se realizó el diseño para diferentes granulometrías restantes de 3/8" y 1/4". Se muestra los resultados de las dosificaciones finales, en las siguientes tablas:

**TABLA N° 185: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 3/8"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.321	Kgf
CEMENTO	0.718	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.536	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 186: Dosificación Final por Briquetera Agregado de 1/4"**

ELEMENTO	PESO	UNIDAD
AGUA	0.339	Kgf
CEMENTO	0.755	Kgf
AGREGADO GRUESO	2.447	Kgf

FUENTE: Elaboración (Propia)





### 3.6.3.7. Revenimiento

#### 3.6.3.7.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

Revenimiento para agregado de 1/2"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 21 cm  
Diámetro 2 = 22 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 20 cm  
Diámetro 2 = 21 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 22 cm  
Diámetro 2 = 21 cm

Revenimiento para agregado de 3/8"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 25 cm  
Diámetro 2 = 26 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 24 cm  
Diámetro 2 = 25 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 26 cm  
Diámetro 2 = 27 cm

Revenimiento para agregado de 1/4"

- Revenimiento a los 7 días  
Diámetro 1 = 29 cm  
Diámetro 2 = 30 cm
- Revenimiento a los 14 días  
Diámetro 1 = 28 cm  
Diámetro 2 = 29 cm
- Revenimiento a los 28 días  
Diámetro 1 = 31 cm  
Diámetro 2 = 30 cm

3.6.3.7.2. Tablas

**TABLA N° 187: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 1/2"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/2"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/2"	7	21	22	21.5	cm
1/2"	14	20	21	20.5	cm
1/2"	28	22	21	21.5	cm
REVENIMIENTO				21.17	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 188: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 3/8"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 3/8"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
3/8"	7	25	26	25.5	cm
3/8"	14	24	25	24.5	cm
3/8"	28	26	27	26.5	cm
REVENIMIENTO				25.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 189: Revenimiento del Agregado Grueso Homogéneo de 1/4"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO DE 1/4"					
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	UNIDAD
		D1	D2		
1/4"	7	29	30	29.5	cm
1/4"	14	28	29	28.5	cm
1/4"	28	31	30	30.5	cm
REVENIMIENTO				29.5	cm

FUENTE: Elaboración (Propia)

3.6.3.7.3. Análisis de la Prueba

Vemos que el revenimiento de la mezcla con los agregados de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Abril presenta una muestra seca por el tipo de diseño y la relación agua cemento, variando en sus diámetros de acuerdo al tamaño del agregado para 1/2" = 21.17 cm, 3/8" = 25.5 cm y 1/4" = 29.5, por lo tanto a menor tamaño del agregado mayor será el revenimiento.

**3.6.3.8. Permeabilidad**

**3.6.3.8.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba**

- Permeabilidad

$$K = \text{VOL. DE AGUA (ml)} / \text{TIEMPO (s)}$$

- Infiltración

$$I_f = \text{LITROS (l)} * \text{TIEMPO (s)} * \text{ÁREA (m}^2\text{)}$$

**3.6.3.8.2. Tablas**

**TABLA N° 190: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/2"	1 - M	20.60	10.00	10.02	1680	167.66
	2 - M	20.57	10.00	11.68	1680	143.84
	3 - M	20.27	10.07	11.63	1740	149.61
	4 - M	20.53	10.07	12.01	1710	142.38
	5 - M	20.77	10.00	12.30	1690	137.40
	6 - M	20.07	10.00	12.15	1840	151.44
	7 - M	20.57	10.00	11.37	1670	146.88
	8 - M	20.27	10.07	11.32	1730	152.83
	9 - M	20.53	10.07	11.70	1700	145.30
	10 - M	20.77	10.00	11.99	1680	140.12
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/2"					147.75	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 191: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANtera (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
3/8"	11 - M	19.83	10.07	14.85	1800	121.21
	12 - M	20.43	10.07	14.63	1690	115.52
	13 - M	20.53	10.07	14.92	1600	107.24
	14 - M	20.33	10.00	16.03	1690	105.43
	15 - M	20.20	10.07	14.25	1780	124.91
	16 - M	20.37	10.00	14.90	1650	110.74
	17 - M	20.43	10.07	14.32	1680	117.32
	18 - M	20.53	10.07	14.61	1590	108.83
	19 - M	20.33	10.00	15.72	1680	106.87
	20 - M	20.20	10.07	13.94	1770	126.97
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 3/8"					114.50	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 192: Permeabilidad del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**

PERMEABILIDAD DEL CONCRETO						
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1/4"	21 - M	20.43	10.14	22.25	1740	78.20
	22 - M	20.40	10.07	21.60	1660	76.85
	23 - M	20.03	10.00	21.36	1640	76.78
	24 - M	20.67	10.10	21.95	1710	77.90
	25 - M	20.03	10.00	16.11	1700	105.52
	26 - M	20.67	10.10	20.45	1730	84.60
	27 - M	20.40	10.07	21.29	1650	77.50
	28 - M	20.03	10.00	21.05	1630	77.43
	29 - M	20.67	10.10	21.64	1700	78.56
	30 - M	20.03	10.00	15.80	1690	106.96
PROMEDIO PERMEABILIDAD PARA AGREGADO GRUESO DE UN 1/4"					84.03	ml/s

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.8.3. Análisis De La Prueba

Es uno de los ensayos más importantes, porque va permitir conocer un parámetro más importante, el coeficiente de permeabilidad, el cual caracteriza a nuestro concreto poroso, se usa un permeámetro de carga variable recomendado en el reporte (ACI.522R-06, 2006).

La permeabilidad es una propiedad que permite la filtración de un fluido, a través de sus espacios interconectados. Un material será permeable cuando contenga espacios vacíos interconectados (porosidad). La circulación de agua a través de las briquetas de concreto poroso son para 1/2" = 147 ml/s, 3/8" = 114.5 ml/s y 1/4" = 84.03.68 ml/s

### 3.6.3.9. Infiltración

#### 3.6.3.9.1. Procedimiento O Cálculos De La Prueba

➤ Transformamos

- Mililitros a Litros
- Centímetros Cuadrados a Metros Cuadrados
- Segundos a Minutos

$$I_f = (mL/1000) * (3.1416 * (D/2)^2 cm^2 / 10000) / (seg/60)$$

➤ Infiltración

$$I_f = \text{LITROS (l)} * \text{ÁREA (m}^2\text{)} / \text{TIEMPO (min)}$$

3.6.3.9.2. Tablas

**TABLA N° 193: Coeficiente de Infiltración con Agregado Grueso de 1/2"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación).	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m <sup>2</sup> )
1/2"	1 - M	10.00	10.02	1680	1280.86
	2 - M	10.00	11.68	1680	1098.82
	3 - M	10.07	11.63	1740	1127.87
	4 - M	10.07	12.01	1710	1073.35
	5 - M	10.00	12.30	1690	1049.64
	6 - M	10.00	12.15	1840	1156.92
	7 - M	10.00	11.37	1670	1122.06
	8 - M	10.07	11.32	1730	1152.10
	9 - M	10.07	11.70	1700	1095.35
	10 - M	10.00	11.99	1680	1070.41
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/2"				1122.74	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 194: Coeficiente de Infiltración don Agregado Grueso de 3/8"**

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m <sup>2</sup> )
3/8"	11 - M	10.07	14.85	1800	913.77
	12 - M	10.07	14.63	1690	870.83
	13 - M	10.07	14.92	1600	808.43
	14 - M	10.00	16.03	1690	805.40
	15 - M	10.07	14.25	1780	941.66
	16 - M	10.00	14.90	1650	845.98
	17 - M	10.07	14.32	1680	884.41
	18 - M	10.07	14.61	1590	820.42
	19 - M	10.00	15.72	1680	816.43
	20 - M	10.07	13.94	1770	957.19
PROMEDIO INFILTRACIÓN 3/8"				866.45	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración (Propia)

TABLA N° 195: Coeficiente de Infiltración con Agregado Grueso de 1/4"

INFILTRACIÓN DEL CONCRETO POROSO					
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	DIÁMETRO (cm)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN AGUA (ml)	INFILTRACIÓN (l/min/m <sup>2</sup> )
1/4"	21 - M	10.14	22.25	1740	581.42
	22 - M	10.07	21.60	1660	579.35
	23 - M	10.00	21.36	1640	586.55
	24 - M	10.10	21.95	1710	583.42
	25 - M	10.00	16.11	1700	806.15
	26 - M	10.10	20.45	1730	633.53
	27 - M	10.07	21.29	1650	584.25
	28 - M	10.00	21.05	1630	591.56
	29 - M	10.10	21.64	1700	588.31
	30 - M	10.00	15.80	1690	817.13
PROMEDIO INFILTRACIÓN 1/4"				635.17	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.9.3. Análisis de la Prueba

La infiltración es muy importante porque vemos que esta propiedad del concreto poroso tiene que ver mucho el tamaño máximo del agregado grueso y está en función de la cantidad de litros que puede pasar en un área en un tiempo determinado. Para un tamaño máximo de 1/2" = 1122.74 l/min/m<sup>2</sup>, 1/4" = 866.45 = l/min/m<sup>2</sup> y 635.17 l/min/m<sup>2</sup>.

### 3.6.3.10. Aceptación de Briquetas

#### 3.6.3.10.1. Procedimiento o Cálculos de la Prueba

- Características de las Briquetas

Diámetros

D1 = Diámetro 1

D2 = Diámetro 2

D3 = Diámetro 3

Alturas

H1 = Altura 1

H2 = Altura 2

H3 = Altura 3



- N.T.P. 339.04

Que los diámetros no tenga diferencia máximo 2%

- Factor de relación Altura / Diámetro

$$F.A.D. = H/D$$

- Área de contacto briqueta máquina de compresión

$$A = 3.1416*(R)^2$$

- Volumen de la briqueta

$$V.= A * L$$

- Densidad de la briqueta

$$D= P/V$$

#### **3.6.3.10.2. Tablas**



TABLA N° 196: Aceptación De Briquetas Para Concreto Poroso De La Cantera De Huillque A Los 7 Días

ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO															
TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm3)	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m3)
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	7	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	78.54	1649.34	3207.00	1944.41
	7	10.20	10.00	10.10	1	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49	3160.70	1878.58
	7	10.30	10.00	10.20	2	10.17	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	81.18	1704.78	3225.60	1892.10
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.09	20.80	20.07	20.32	2.0	79.06	1606.59	3275.60	2038.85
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.07	20.05	20.50	20.05	20.20	2.0	79.59	1607.73	3299.20	2052.08
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.07	20.05	20.06	20.08	20.06	2.0	79.59	1596.85	3189.90	1997.61
	7	10.20	10.00	10.10	1	10.10	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	80.12	1682.49	3115.45	1851.69
	7	10.30	10.00	10.20	2	10.17	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	81.18	1704.78	3180.35	1865.55
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.09	20.80	20.07	20.32	2.0	79.06	1606.59	3230.35	2010.69
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.07	20.05	20.50	20.05	20.20	2.0	79.59	1607.73	3253.95	2023.94
3/8"	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.05	20.06	20.07	20.06	2.0	79.59	1596.59	3410.20	2135.93
	7	10.10	10.10	10.10	0	10.07	20.09	20.07	20.07	20.06	2.0	79.59	1596.59	3406.70	2133.74
	7	10.20	10.00	10.20	2	10.10	20.05	20.07	20.07	20.08	2.0	80.12	1608.52	3395.10	2110.70
	7	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.05	20.05	20.05	20.06	2.0	80.65	1618.07	3469.10	2143.97
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.13	20.08	20.08	20.09	20.05	2.0	80.65	1617.00	3354.30	2074.40
	7	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.08	20.08	20.08	20.08	2.0	79.59	1598.45	3375.50	2111.74
	7	10.10	10.10	10.10	0	10.03	20.09	20.07	20.07	20.08	2.0	79.06	1587.61	3361.45	2117.30
	7	10.20	10.00	10.20	2	10.10	20.05	20.07	20.07	20.08	2.0	80.12	1608.52	3349.85	2082.57
	7	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.05	20.05	20.05	20.06	2.0	80.65	1618.07	3423.85	2116.00
	7	10.00	10.00	10.20	2	10.13	20.08	20.08	20.09	20.05	2.0	80.65	1617.00	3309.05	2046.41
1/4"	7	10.00	10.00	10.10	1	10.07	20.07	20.08	20.08	20.08	2.0	79.59	1598.45	3380.80	2115.05
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.03	20.02	20.04	20.04	20.08	2.0	79.06	1587.35	3340.70	2104.58
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.03	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1594.47	3462.20	2171.38
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.01	20.04	20.04	20.04	2.0	79.59	1594.73	3265.30	2047.55
	7	10.10	10.00	10.20	2	10.07	21.02	21.03	21.03	20.03	2.0	79.59	1594.20	3512.50	2203.30
	7	10.00	10.10	10.10	0	10.10	20.03	20.03	20.02	21.03	2.1	80.12	1684.63	3332.70	1978.30
	7	10.20	10.00	10.00	0	10.07	20.02	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1593.94	3295.45	2067.49
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.03	20.04	20.04	20.03	2.0	79.59	1594.47	3416.95	2143.00
	7	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.01	20.04	20.04	20.04	2.0	79.59	1594.73	3220.05	2019.18
	7	10.10	10.00	10.20	2	10.07	21.02	21.03	21.03	20.03	2.0	79.59	1594.20	3467.25	2174.91

FUENTE: Elaboración (Propia)





ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO

TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm3)	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m3)
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	14	10.20	10.10	10.50	4	10.27	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	82.78	1697.08534	3210.00	1891.48
	14	10.20	10.10	10.20	1	10.17	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	81.18	1664.19	3163.70	1901.05
	14	9.90	10.00	10.10	1	10.00	20.50	20.50	20.50	20.50	2.1	78.54	1610.07	3228.60	2005.25
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.40	20.50	20.50	20.47	2.0	80.65	1650.60	3278.60	1986.30
	14	10.10	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.70	20.70	2.1	79.06	1636.63	3302.20	2017.68
	14	10.10	10.00	10.10	1	10.07	20.50	20.50	20.60	20.53	2.0	79.59	1634.26	3192.90	1953.73
	14	10.20	10.10	10.20	1	10.17	20.50	20.50	20.50	20.50	2.0	81.18	1664.19	3118.45	1873.86
	14	9.90	10.00	10.10	1	10.00	20.50	20.50	20.50	20.50	2.1	78.54	1610.07	3183.35	1977.15
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.13	20.40	20.50	20.50	20.47	2.0	80.65	1650.60	3233.35	1958.89
	14	10.10	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.70	20.70	2.1	79.06	1636.63	3256.95	1990.03
3/8"	14	10.00	10.00	9.90	1	9.97	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	78.02	1638.36	3413.20	2083.30
	14	10.10	10.10	10.20	1	9.97	20.50	20.60	20.60	21.00	2.1	78.02	1638.36	3409.70	2081.16
	14	10.00	10.00	9.90	1	10.13	20.60		20.70	20.57	2.0	80.65	1658.67	3398.10	2048.69
	14	10.10	10.00	10.00	0	9.97	21.00	21.00	21.00	20.65	2.1	78.02	1611.06	3472.10	2155.17
	14	10.20	10.20	10.20	0	10.03	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.06	1660.35	3357.30	2022.04
	14	10.10	10.10	10.10	0	10.20	20.50	20.50	20.50	21.00	2.1	81.71	1715.97	3378.50	1968.85
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.10	20.50	20.60	20.60	20.50	2.0	80.12	1642.43	3364.45	2048.46
	14	10.00	10.00	9.90	1	10.13	20.60	20.60	20.70	20.57	2.0	80.65	1658.67	3352.85	2021.41
	14	10.10	10.00	10.00	0	9.97	21.00	21.00	21.00	20.63	2.1	78.02	1609.76	3426.85	2128.80
	14	10.20	10.20	10.20	0	10.03	21.00	21.00	21.00	21.00	2.1	79.06	1660.35	3312.05	1994.79
1/4"	14	10.20	10.10	10.10	0	10.20	20.70	20.80	20.80	21.00	2.1	81.71	1715.97	3383.80	1971.94
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.13	21.00	21.00	21.00	20.77	2.0	80.65	1674.80	3343.70	1996.48
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.30	20.40	21.00	2.1	78.54	1649.34	3465.20	2100.96
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.00	20.80	20.70	20.70	20.37	2.0	78.54	1599.60	3268.30	2043.20
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.60	20.70	20.70	20.73	2.0	80.65	1672.11	3515.50	2102.43
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.13	20.50	20.50	20.50	20.67	2.0	80.65	1666.73	3335.70	2001.34
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	21.00	21.00	21.00	20.50	2.1	78.54	1610.07	3298.45	2048.64
	14	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.30	20.40	21.00	2.1	78.54	1649.34	3419.95	2073.53
	14	10.20	10.10	10.10	0	10.00	20.80	20.70	20.70	20.37	2.0	78.54	1599.60	3223.05	2014.91
	14	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.60	20.70	20.70	20.73	2.0	80.65	1672.11	3470.25	2075.37

FUENTE: Elaboración (Propia)



TABLA N° 198: Aceptación De Briquetas Para Concreto Poroso De La Cantera De Huillque A Los 28 Días

ACEPTACIÓN DE BRIQUETAS PARA CONCRETO POROSO															
TAMAÑO (pulgada)	EDAD (días)	DIÁMETRO DE BRIQUETAS (cm)			N.T.P. 339.04 (máx. 2%)	PROMEDIO DIÁMETRO (cm)	LONGITUD BRIQUETAS (cm)			PROMEDIO LONGITUD (cm)	L/D (factor)	ÁREA (cm)	VOLUMEN (cm3)	PESO (kg)	DENSIDAD (kg/m3)
		D1	D2	D3			H1	H2	H3						
1/2"	28	10.10	10.10	10.10	0	10.10	20.30	20.00	20.00	20.10	2.0	80.12	1610.38495	3212.00	1994.55
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.40	20.40	20.00	20.27	2.0	79.06	1602.37	3165.70	1975.63
	28	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.70	20.40	20.40	20.50	2.0	80.65	1653.29	3230.60	1954.04
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.70	20.70	20.90	20.77	2.1	79.06	1641.91	3280.60	1998.04
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.80	20.80	20.70	2.1	78.54	1625.78	3304.20	2032.38
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.30	20.30	20.50	20.37	2.0	79.06	1610.28	3194.90	1984.07
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.40	20.40	20.00	20.27	2.0	79.06	1602.37	3120.45	1947.39
	28	10.10	10.10	10.20	1	10.13	20.70	20.40	20.40	20.50	2.0	80.65	1653.29	3185.35	1926.67
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.70	20.70	20.90	20.77	2.1	79.06	1641.91	3235.35	1970.48
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.50	20.80	20.80	20.70	2.1	78.54	1625.78	3258.95	2004.55
3/8"	28	10.15	10.00	10.12	2	10.09	20.50	20.40	20.40	20.43	2.0	79.96	1633.85	3415.20	2090.28
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.09	20.60	20.60	20.80	20.43	2.0	79.96	1633.85	3411.70	2088.13
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.50	21.00	21.00	20.67	2.1	79.06	1634.00	3400.10	2080.85
	28	10.09	10.00	10.10	1	10.07	20.80	20.80	20.80	20.83	2.1	79.59	1658.14	3474.10	2095.18
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.06	20.40	20.60	20.60	20.80	2.1	79.54	1654.39	3359.30	2030.54
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.03	20.70	20.70	20.30	20.53	2.0	79.06	1623.46	3380.50	2082.28
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.00	20.60	20.60	20.80	20.57	2.1	78.54	1615.31	3366.45	2084.09
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.50	21.00	21.00	20.67	2.1	79.06	1634.00	3354.85	2053.15
	28	10.09	10.00	10.10	1	10.07	20.80	20.80	20.80	20.83	2.1	79.59	1658.14	3428.85	2067.89
	28	10.10	10.00	10.00	0	10.06	20.40	20.60	20.60	20.80	2.1	79.54	1654.39	3314.05	2003.19
1/4"	28	10.00	10.00	10.10	1	10.03	20.30	20.20	20.20	20.53	2.0	79.06	1623.46	3385.80	2085.55
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.03	20.40	20.40	20.50	20.23	2.0	79.06	1599.74	3345.70	2091.41
	28	10.01	10.00	10.00	0	10.00	20.30	20.20	20.20	20.43	2.0	78.54	1604.83	3467.20	2160.47
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.00	20.20	20.20	20.00	20.23	2.0	78.59	1590.19	3270.30	2056.55
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.80	21.00	21.00	20.13	2.0	79.06	1591.83	3517.50	2209.72
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.07	20.30	20.30	20.50	20.93	2.1	79.59	1666.10	3337.70	2003.30
	28	10.00	10.00	10.00	0	10.00	20.40	20.40	20.50	20.37	2.0	78.54	1599.60	3300.45	2063.30
	28	10.01	10.00	10.00	0	10.00	20.30	20.20	20.20	20.43	2.0	78.54	1604.83	3421.95	2132.28
	28	10.00	10.00	10.10	1	10.00	20.20	20.20	20.00	20.23	2.0	78.59	1590.19	3225.05	2028.10
	28	10.10	10.00	10.10	1	10.03	20.80	21.00	21.00	20.13	2.0	79.06	1591.83	3472.25	2181.29

FUENTE: Elaboración (Propia)

**3.6.3.10.3. Análisis De La Prueba**

Antes de ser sometidos a la prueba de compresión las briquetas de concreto poroso tienen que pasar por un control de calidad que implica diámetros y alturas que no exceda del 2 % del molde de briketa que sean lo más homogéneo, determinar el factor de relación altura/ diámetro, área, volumen y densidad. Los cuales tienen que cumplir lo estándares para ser ensayados en la máquina de compresión axial y no tener datos erróneos .ya que se cuenta con gran cantidad de muestras de 1/2", 3/8" y 1/4" a los 7,14 y 28 días.

**3.6.3.11. Ensayo De Compresión De Briquetas**

**3.6.3.11.1. Procedimiento O Cálculos De La Prueba**

Para determinar la resistencia real de las briquetas sometidas a la máquina de compresión axial se hace una calibración que está en función de la Carga Máxima Aplicada entre el Área de la Sección.

$$\text{CORRECCIÓN} = \text{CARGA MÁXIMA} / \text{ÁREA}$$

**3.6.3.11.2. Tablas**

**TABLA N° 199: Ruptura de Concreto Poroso a los 7 Días Cantera de Huillque**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 7 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - H	79.1	8700.0	110.0	52.40	91.6	43.60
	2 - H	79.1	6750.0	85.4	40.65		
	3 - H	80.6	6540.0	81.1	38.62		
	4 - H	80.1	5030.0	62.8	29.90		
	5 - H	79.1	7910.0	100.0	47.64		
	6 - H	78.5	8940.0	113.8	54.20		
	7 - H	79.1	6657.8	84.2	40.10		
	8 - H	80.6	5139.9	63.7	30.35		
	9 - H	80.1	8020.0	100.1	47.67		
	10 - H	79.1	9050.0	114.5	54.51		

3/8"	11 - H	79.1	8660.0	109.5	52.16	107.8	51.32
	12 - H	79.1	9500.0	120.2	57.22		
	13 - H	79.1	6930.0	87.6	41.74		
	14 - H	79.1	10620.0	134.3	63.96		
	15 - H	78.5	9310.0	118.5	56.45		
	16 - H	78.5	6320.0	80.5	38.32		
	17 - H	78.5	7055.6	89.8	42.78		
	18 - H	79.1	10745.7	135.9	64.72		
	19 - H	79.1	9435.7	119.3	56.83		
	20 - H	78.5	6445.0	82.1	39.08		
1/4"	21 - H	78.5	7750.0	98.7	46.99	116.2	55.33
	22 - H	79.1	5700.0	72.1	34.33		
	23 - H	79.3	7070.0	89.1	42.44		
	24 - H	78.5	7210.0	91.8	43.71		
	25 - H	80.0	15910.0	199.0	94.75		
	26 - H	80.7	9000.0	111.5	53.11		
	27 - H	81.2	7203.5	88.7	42.25		
	28 - H	79.3	7343.5	92.6	44.08		
	29 - H	78.5	16043.5	204.3	97.27		
	30 - H	80.0	9133.6	114.2	54.39		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 200: Ruptura de Concreto Poroso a los 14 Días Cantera de Huillque**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 14 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - H	79.1	5980.0	75.6	36.02	78.1	37.19
	2 - H	79.6	7190.0	90.3	43.02		
	3 - H	80.1	4920.0	61.4	29.24		
	4 - H	80.1	5390.0	67.3	32.04		
	5 - H	80.1	6960.0	86.9	41.37		
	6 - H	80.1	7100.0	88.6	42.20		
	7 - H	79.6	5037.7	63.3	30.14		
	8 - H	80.1	5500.0	68.6	32.69		
	9 - H	79.6	7069.9	88.8	42.30		
	10 - H	80.1	7209.9	90.0	42.85		

3/8"	11 - H	80.1	10110.0	126.2	60.09	130.0	61.91
	12 - H	80.1	9060.0	113.1	53.85		
	13 - H	80.6	11110.0	137.8	65.60		
	14 - H	78.5	10210.0	130.0	61.90		
	15 - H	79.1	10600.0	134.1	63.84		
	16 - H	78.5	9870.0	125.7	59.84		
	17 - H	79.1	11235.6	142.1	67.67		
	18 - H	80.6	10335.7	128.2	61.03		
	19 - H	78.5	10725.7	136.6	65.03		
	20 - H	79.1	9995.7	126.4	60.20		
1/4"	21 - H	78.5	12670.0	161.3	76.82	141.6	67.44
	22 - H	79.6	15780.0	198.3	94.41		
	23 - H	79.1	10400.0	131.5	62.64		
	24 - H	78.5	9660.0	123.0	58.57		
	25 - H	79.6	9210.0	115.7	55.10		
	26 - H	80.1	12290.0	153.4	73.05		
	27 - H	78.5	10533.5	134.1	63.87		
	28 - H	79.1	9793.4	123.9	58.98		
	29 - H	78.5	9343.5	119.0	56.65		
	30 - H	79.6	12423.6	156.1	74.33		

FUENTE: Elaboración (Propia)

**TABLA N° 201: Ruptura de Concreto Poroso a los 28 Días Cantera de Huillque**

RUPTURA DE CONCRETO POROSO A LOS 28 DÍAS							
TAMAÑO (Pulgada)	CANTERA (Codificación)	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA. APLICADA (kgf)	RESISTENCIA F'c CORREGIDO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO (%)	RESISTENCIA F'c PROMEDIO kgf/cm2	PORCENTAJE ALCANZADO PROMEDIO (%)
1/2"	1 - H	78.5	6470.0	82.4	39.23	93.0	44.27
	2 - H	78.5	5460.0	69.5	33.10		
	3 - H	79.6	7490.0	94.1	44.81		
	4 - H	79.6	8690.0	109.2	51.99		
	5 - H	79.1	7660.0	96.9	46.13		
	6 - H	78.5	6743.0	85.9	40.88		
	7 - H	78.5	7610.2	96.9	46.14		
	8 - H	79.6	8802.2	110.6	52.66		
	9 - H	79.6	7772.1	97.7	46.50		
	10 - H	79.1	6855.1	86.7	41.29		



3/8"	11 - H	79.6	9530.0	119.7	57.02	146.4	69.70
	12 - H	79.6	14700.0	184.7	87.95		
	13 - H	79.6	12880.0	161.8	77.06		
	14 - H	79.6	14050.0	176.5	84.06		
	15 - H	78.5	10020.0	127.6	60.75		
	16 - H	79.6	8710.0	109.4	52.11		
	17 - H	78.5	13008.1	165.6	78.87		
	18 - H	79.6	14178.2	178.1	84.83		
	19 - H	79.6	10148.1	127.5	60.72		
	20 - H	78.5	8838.1	112.5	53.59		
1/4"	21 - H	79.6	14200.0	178.4	84.96	185.2	88.21
	22 - H	80.7	17910.0	221.9	105.68		
	23 - H	79.6	12740.0	160.1	76.22		
	24 - H	78.5	15920.0	202.7	96.52		
	25 - H	80.1	14086.3	175.8	83.72		
	26 - H	78.5	14607.8	186.0	88.57		
	27 - H	80.1	12876.2	160.7	76.53		
	28 - H	79.6	16056.1	201.7	96.06		
	29 - H	78.5	14222.4	181.1	86.23		
	30 - H	80.1	14743.9	184.0	87.63		

FUENTE: Elaboración (Propia)

### 3.6.3.11.3. Análisis De La Prueba

Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión se usan fundamentalmente para determinar que la mezcla de concreto suministrada cumpla con los requerimientos de la resistencia especificada,  $f'c$ , de la tesis.

Los resultados de las pruebas de resistencia a partir de cilindros moldeados se pueden utilizar para fines de control de calidad, aceptación del concreto o para estimar la resistencia del concreto.

4. **CAPÍTULO IV: RESULTADOS**

4.1 Comparación de la Permeabilidad

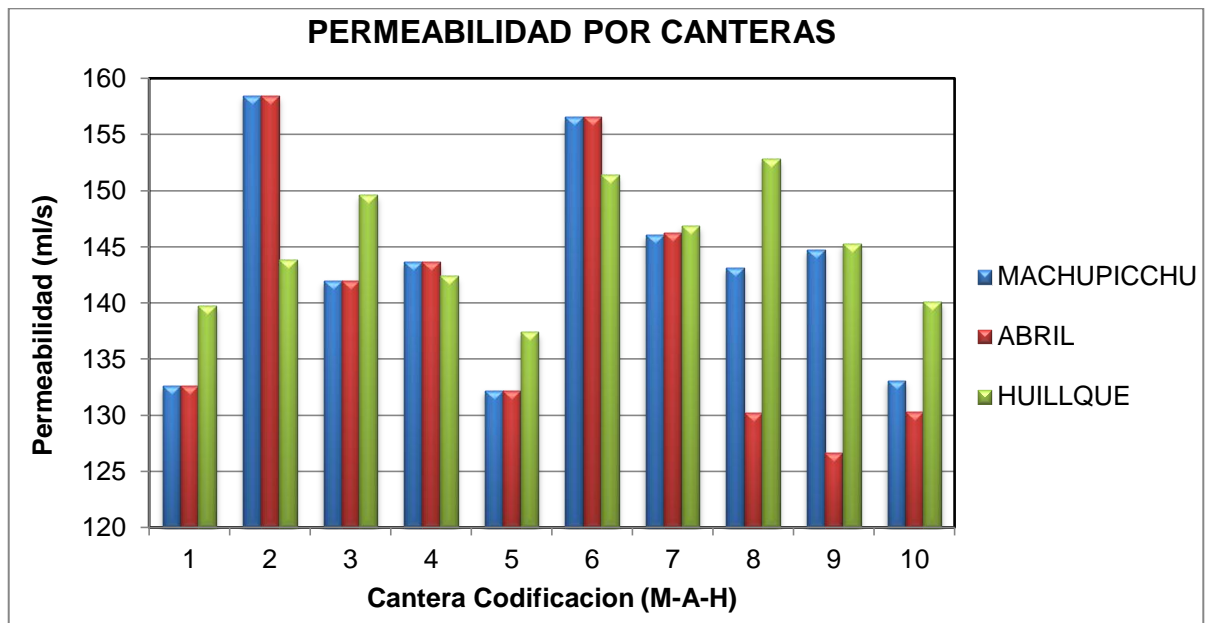
4.1.1 Comparación de la Permeabilidad de Agregado De 1/2"

**TABLA N° 202: Resultados de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/2"**

CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)
1 - M	132.58	1 - A	132.58	1 - H	139.77
2 - M	158.43	2 - A	158.43	2 - H	143.84
3 - M	141.99	3 - A	141.99	3 - H	149.61
4 - M	143.68	4 - A	143.68	4 - H	142.38
5 - M	132.24	5 - A	132.24	5 - H	137.40
6 - M	156.57	6 - A	156.57	6 - H	151.44
7 - M	146.07	7 - A	146.24	7 - H	146.88
8 - M	143.11	8 - A	130.20	8 - H	152.83
9 - M	144.76	9 - A	126.63	9 - H	145.30
10 - M	133.08	10 - A	130.30	10 - H	140.12

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 52: Resultados de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de 1/2":

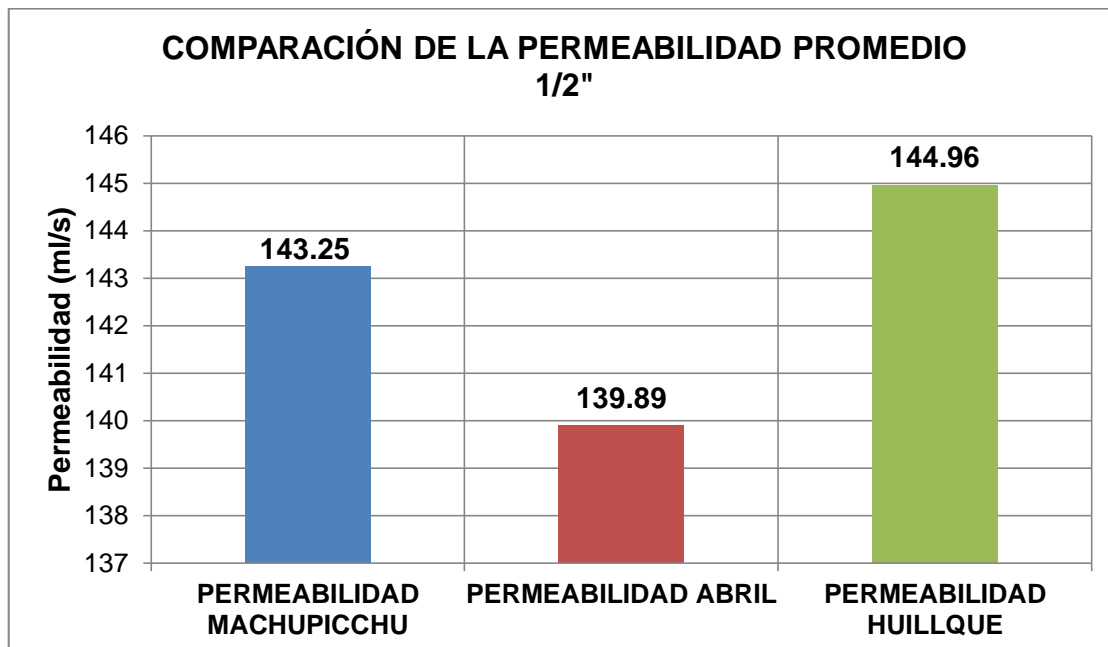
El gráfico se aprecia la permeabilidad de los testigos de 1/2"; de donde se puede indicar que el concreto elaborado con agregado de la Cantera de Machupicchu es más permeable, siendo el valor más alto 158.43 ml/s.

**TABLA N° 203: Resultados de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/2"**

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 1/2"	
CANtera	PERMEABILIDAD PROMEDIO (ml/s)
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	143.25
PERMEABILIDAD ABRIL	139.89
PERMEABILIDAD HUILLQUE	144.96

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 53: Resultados de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/2"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Permeabilidad Promedio del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/2":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Huillque es el de mayor promedio de permeabilidad con 144.96 ml/s.



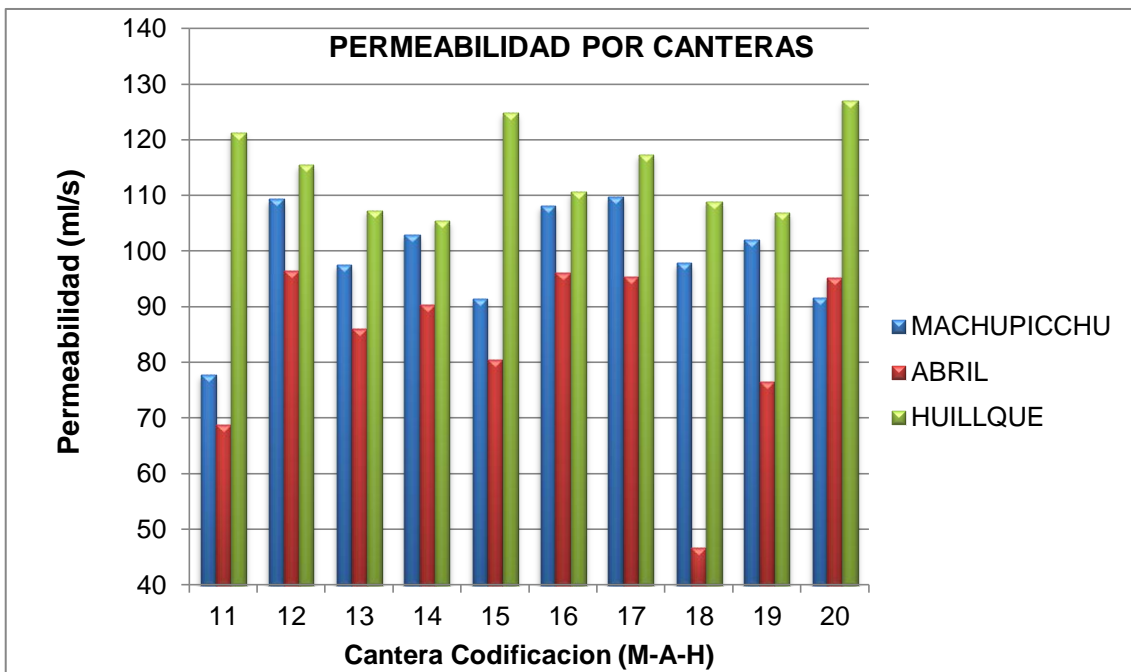
4.1.2 Comparación de la Permeabilidad de Agregado de 3/8"

TABLA N° 204: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 3/8"

CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)
11 - M	77.80	11 - A	68.75	11 - H	121.21
12 - M	109.33	12 - A	96.47	12 - H	115.52
13 - M	97.50	13 - A	85.98	13 - H	107.24
14 - M	102.97	14 - A	90.40	14 - H	105.43
15 - M	91.36	15 - A	80.43	15 - H	124.91
16 - M	108.16	16 - A	96.01	16 - H	110.74
17 - M	109.84	17 - A	95.37	17 - H	117.32
18 - M	97.85	18 - A	46.75	18 - H	108.83
19 - M	102.08	19 - A	76.58	19 - H	106.87
20 - M	91.65	20 - A	95.26	20 - H	126.97

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 54: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

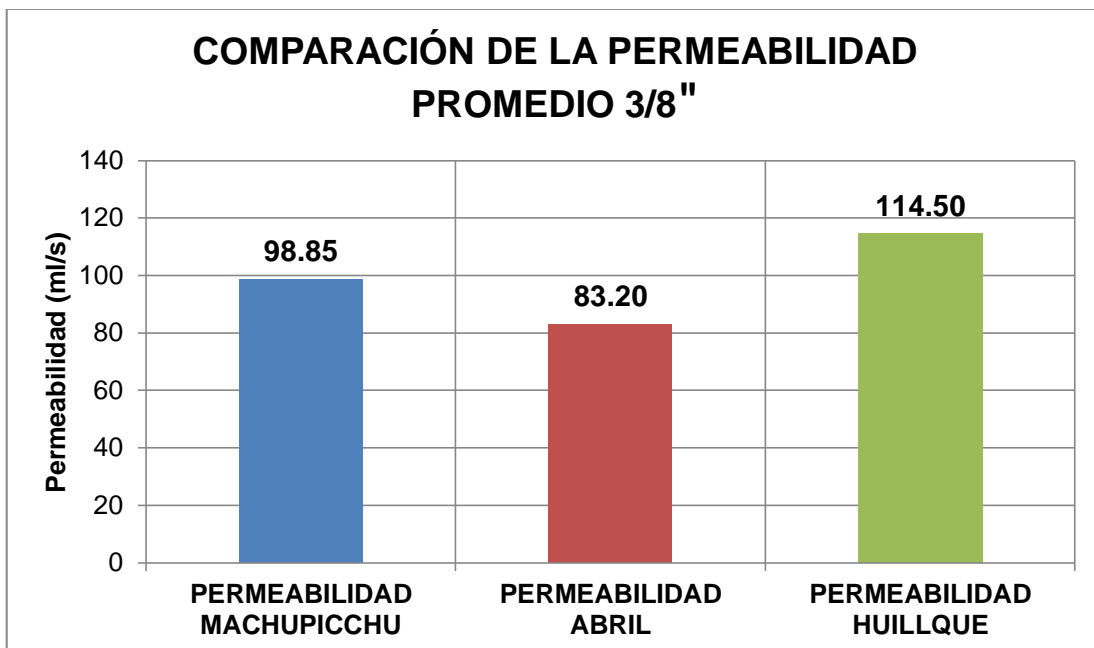
Resultados de la permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de 3/8":

El grafico se aprecia la permeabilidad de los testigos de 3/8"; de donde se puede indicar que el concreto elaborado con agregado de la Cantera de Huillque es más permeable, siendo el valor más alto 126.97 ml/s.

**TABLA N° 205: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 3/8"**

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 3/8"	
CANTERA	PERMEABILIDAD PROMEDIO (ml/s)
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	98.85
PERMEABILIDAD ABRIL	83.20
PERMEABILIDAD HUILLQUE	114.50

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 55: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 3/8"**

FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Permeabilidad Promedio del concreto poroso elaborado con Agregado de 3/8":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Huillque es el de mayor promedio de permeabilidad con 114.50 ml/s.

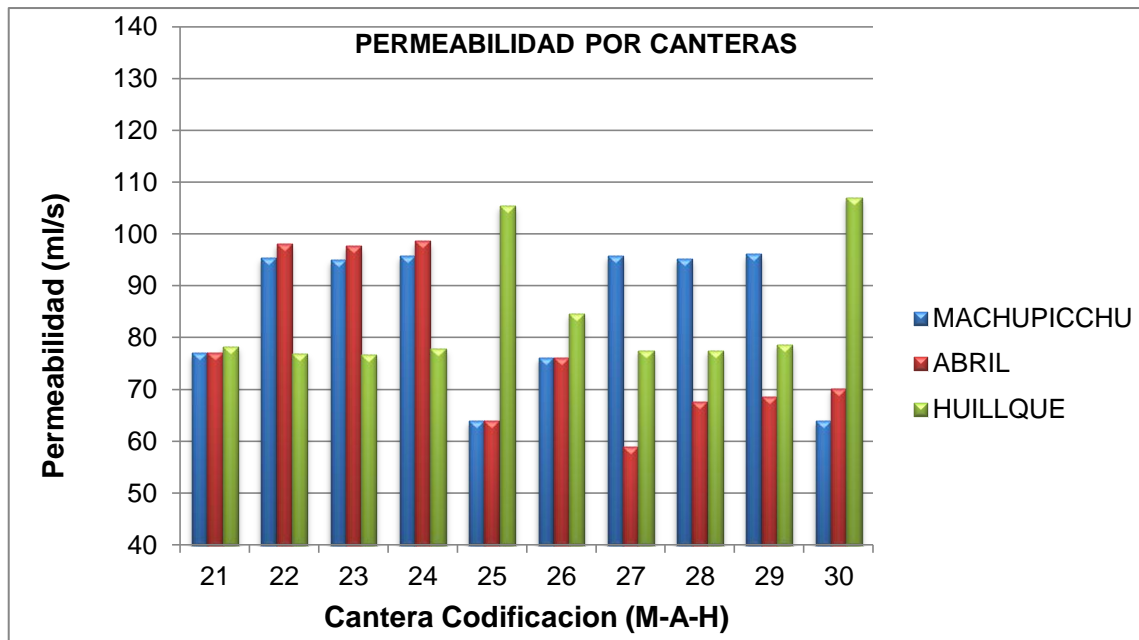
4.1.3 Comparación de la Permeabilidad de Agregado de 1/4"

TABLA N° 206: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/4"

CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)	CANTERA (Codificación)	PERMEABILIDAD (ml/s)
21 - M	76.96	21 - A	76.96	21 - H	78.20
22 - M	95.45	22 - A	98.14	22 - H	76.85
23 - M	94.95	23 - A	97.66	23 - H	76.78
24 - M	95.82	24 - A	98.57	24 - H	77.90
25 - M	63.94	25 - A	63.94	25 - H	105.52
26 - M	76.14	26 - A	76.14	26 - H	84.60
27 - M	95.74	27 - A	58.96	27 - H	77.50
28 - M	95.24	28 - A	67.58	28 - H	77.43
29 - M	96.12	29 - A	68.62	29 - H	78.56
30 - M	63.95	30 - A	70.22	30 - H	106.96

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 56: Comparación de Permeabilidad Muestras Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de 1/4":

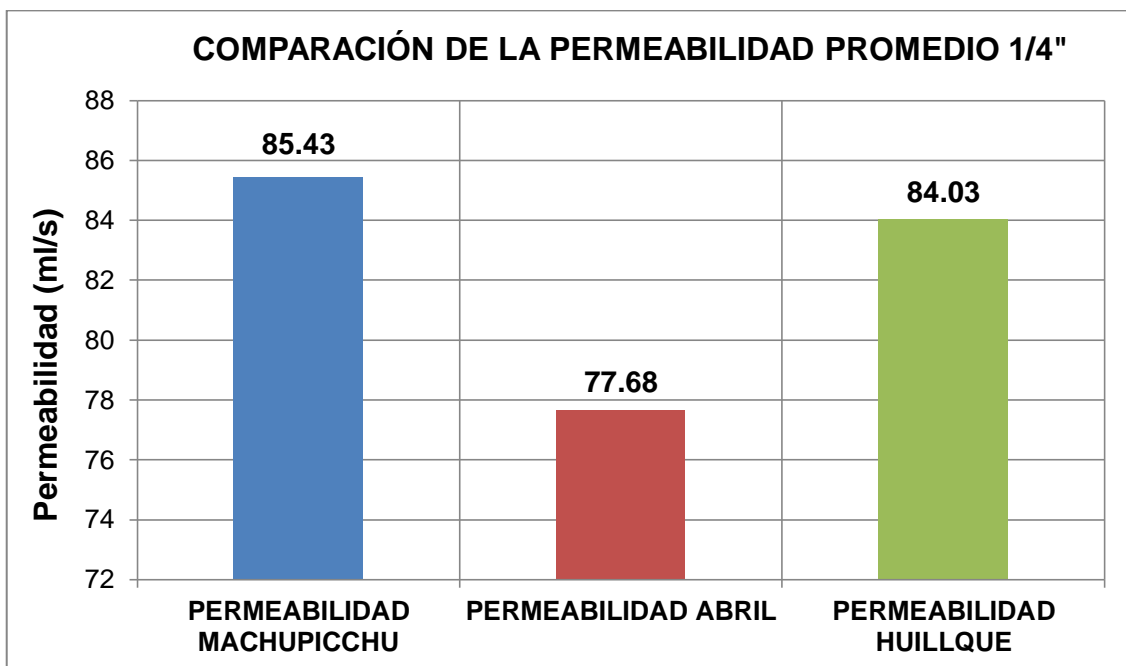
El grafico se aprecia la permeabilidad de los testigos de 1/4"; de donde se puede indicar que el concreto elaborado con agregado de la Cantera de Machupicchu es más permeable, siendo el valor más alto 106.96 ml/s.

TABLA 207: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/4"

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 1/4"	
CANTERA	PERMEABILIDAD PROMEDIO (ml/s)
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	85.43
PERMEABILIDAD ABRIL	77.68
PERMEABILIDAD HUILLQUE	84.03

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 57: Comparación de Permeabilidad Promedio Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Permeabilidad Promedio del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/4":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de permeabilidad con 85.43 ml/s.

#### 4.2 Comparación de la Compresión

##### 4.2.1 Comparación de Resistencia del Concreto

##### 4.2.1.1 Comparación de Resistencia del Concreto a Los 7 Días

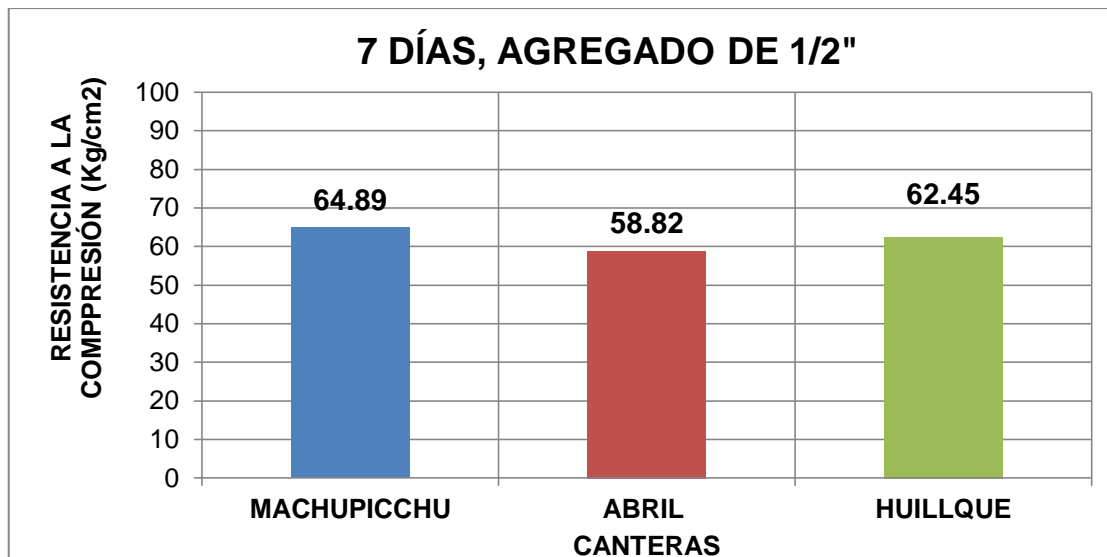
##### 4.2.1.1.1 Comparación de Resistencia del Concreto a los 7 Días Agregado de 1/2"

**TABLA N° 208: Comparación de Resistencia Promedio a Los 7 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"**

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS AGREGADO DE 1/2"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	64.89	30.90%
ABRIL	58.82	28.01%
HUILLQUE	62.45	29.74%

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 58: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 7 días, elaborado con Agregado de 1/2":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 64.89 Kgf/cm<sup>2</sup>.

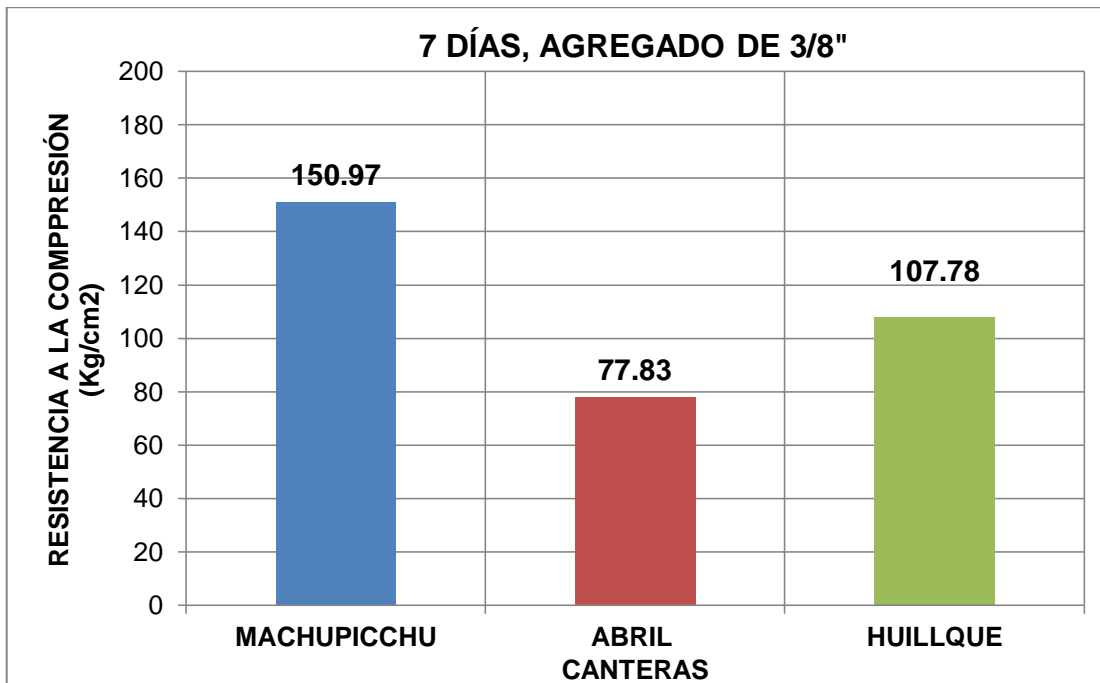
4.2.1.1.2 Comparación de Resistencia del Concreto a los 7 días Agregado de 3/8"

**TABLA N° 209: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 Días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"**

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS AGREGADO DE 3/8"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	150.97	71.89%
ABRIL	77.83	37.06%
HUILLQUE	107.78	51.32%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA N° 59: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 7 días, elaborado con Agregado de 3/8":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 150.97 Kgf/cm2.

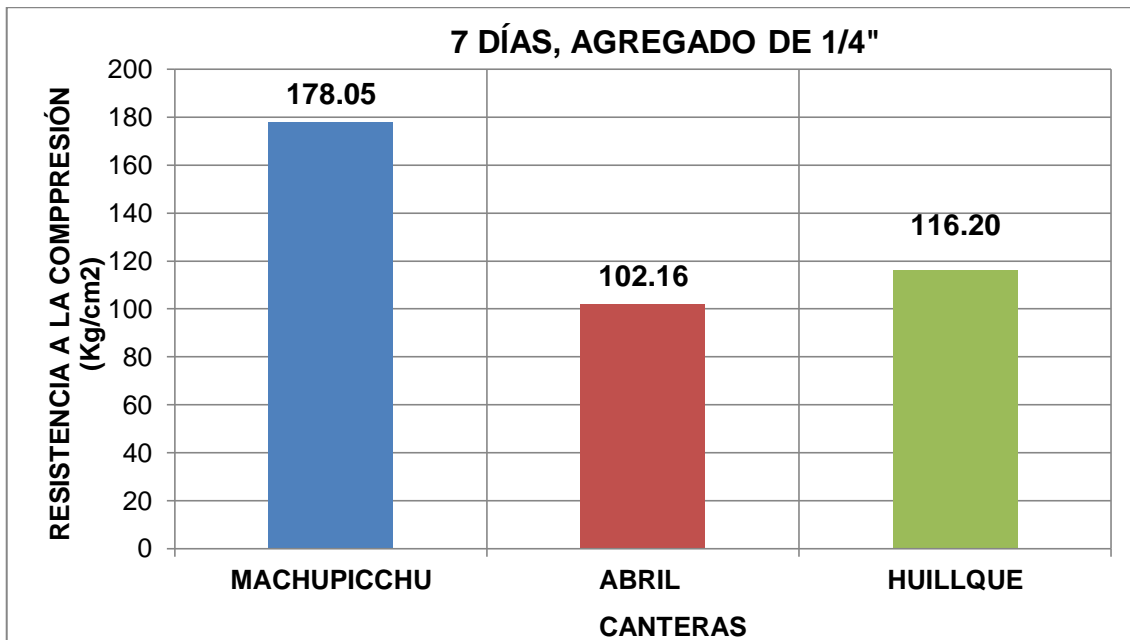
4.2.1.1.3 Comparación de Resistencia del Concreto a los 7 días Agregado de 1/4"

**TABLA N° 210: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 7 DÍAS AGREGADO DE 1/4"		
CANtera	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	178.05	84.79%
ABRIL	102.16	48.65%
HUILLQUE	116.20	55.33%

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 60: Comparación de Resistencia Promedio a los 7 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 7 días, elaborado con Agregado de 1/4":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 178.05 Kg/cm<sup>2</sup>.

4.2.1.2 Comparación de Resistencia del Concreto a los 14 Días

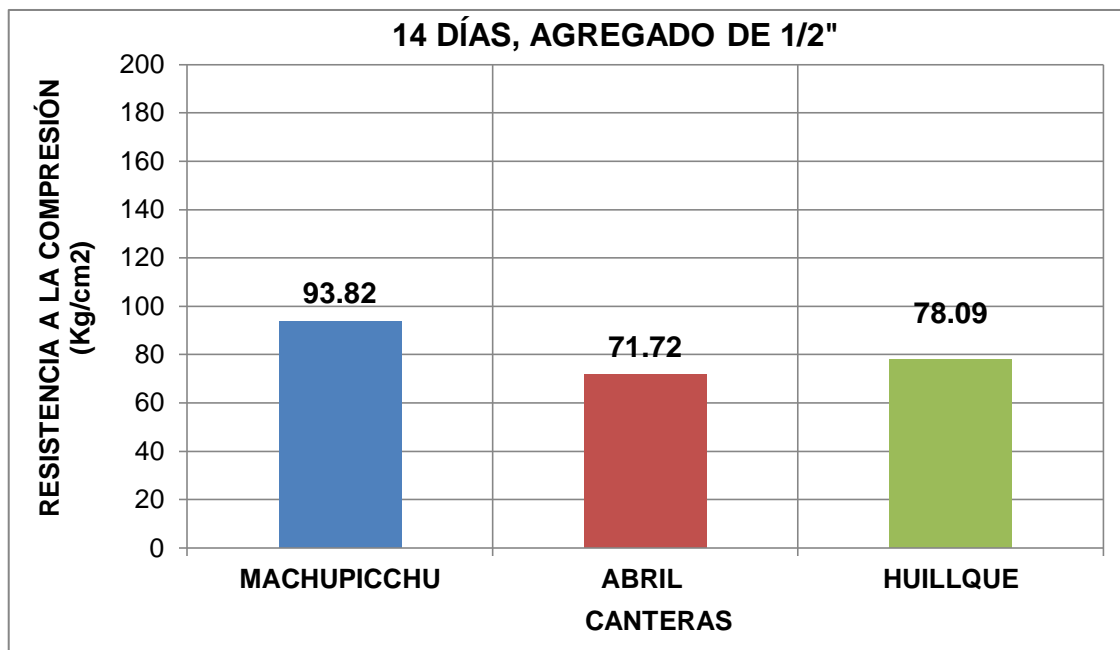
4.2.1.2.1 Comparación de Resistencia del Concreto a los 14 días Agregado de 1/2"

TABLA N° 211: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS AGREGADO DE 1/2"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	93.82	44.68%
ABRIL	71.72	34.15%
HUILLQUE	78.09	37.19%

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 61: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 14 días, elaborado con Agregado de 1/2":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 93.82 Kgf/cm<sup>2</sup>.



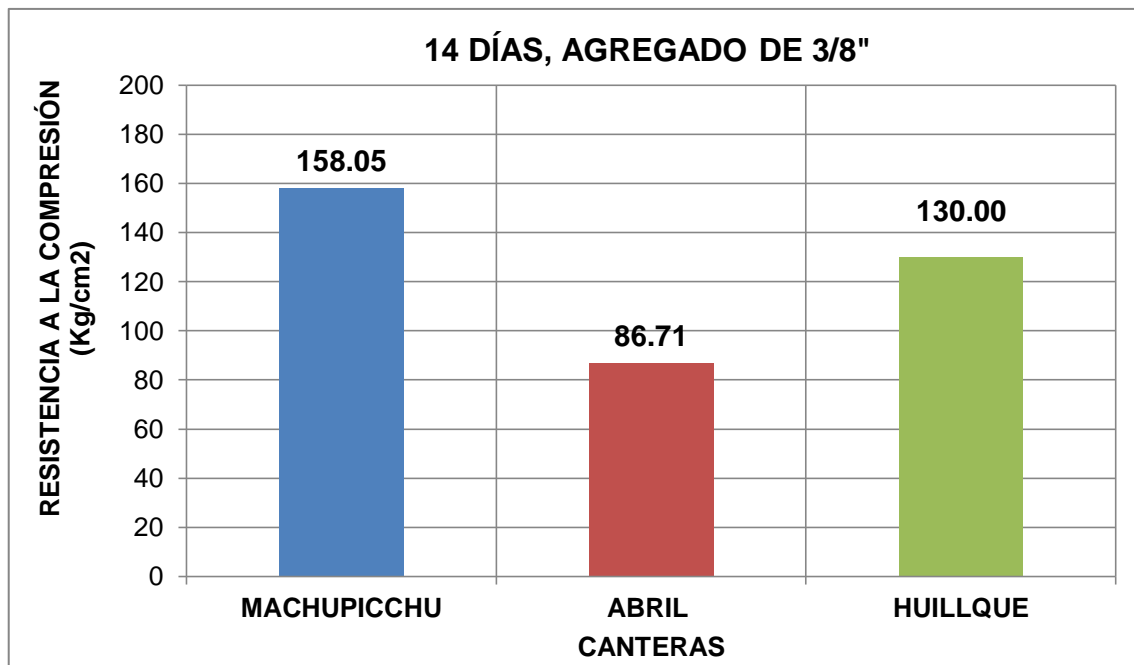
4.2.1.2.2 Comparación de Resistencia del Concreto a los 14 días Agregado de 3/8"

TABLA N° 212: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 Días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS AGREGADO DE 3/8"		
CANtera	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	158.05	75.26%
ABRIL	86.71	41.29%
HUILLQUE	130.00	61.91%

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 62: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 14 días, elaborado con Agregado de 3/8":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 158.05 Kg/cm2.

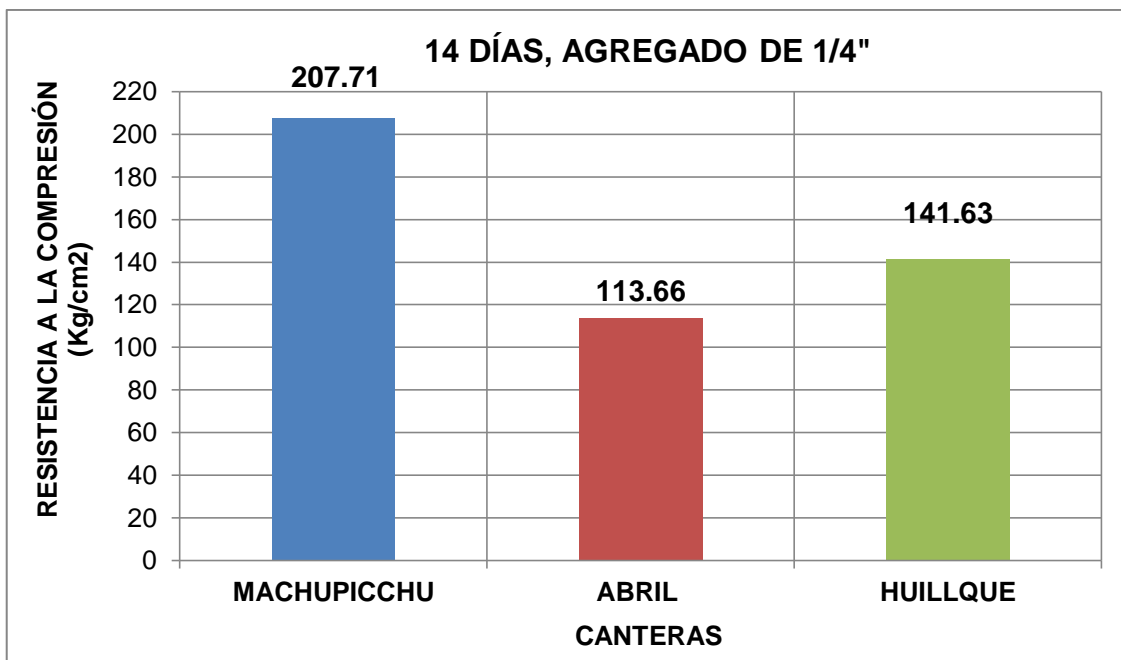
#### 4.2.1.2.3 Comparación de Resistencia del Concreto a los 14 días Agregado de 1/4"

**TABLA N° 213: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 14 DÍAS AGREGADO DE 1/4"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	207.71	98.91%
ABRIL	113.66	54.12%
HUILLQUE	141.63	67.44%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

**FIGURA N° 63: Comparación de Resistencia Promedio a los 14 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 14 días, elaborado con Agregado de 1/4":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 207.71 Kg/cm<sup>2</sup>.

4.2.1.3 Comparación de Resistencia del Concreto a los 28 Días

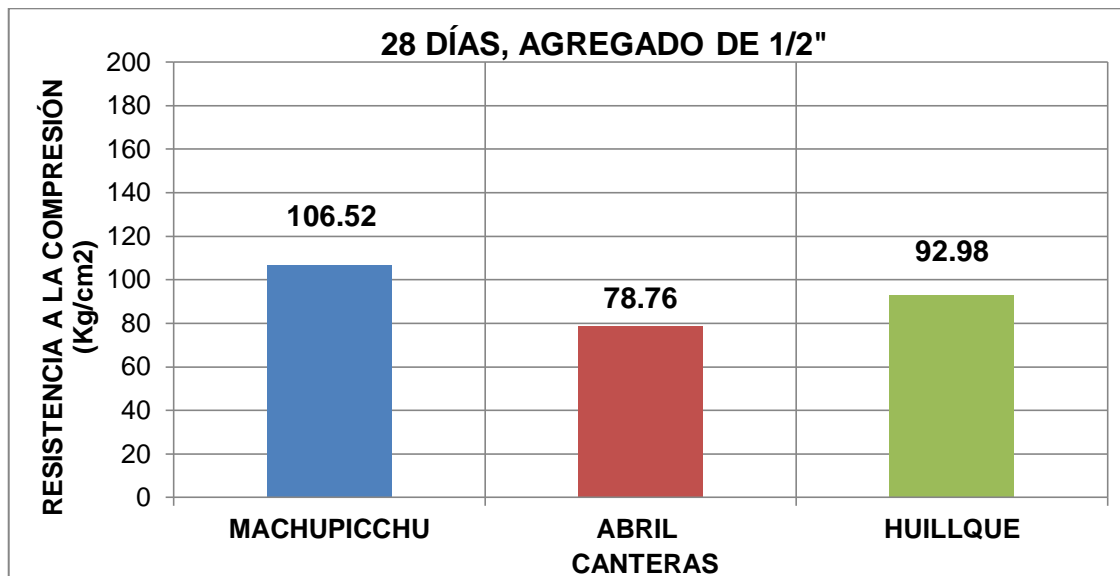
4.2.1.3.1 Comparación de Resistencia del Concreto a los 28 días Agregado de 1/2"

TABLA N° 214: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 1/2"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	106.52	50.72%
ABRIL	78.76	37.51%
HUILLQUE	92.98	44.27%

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 64: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 28 días, elaborado con Agregado de 1/2":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 106.52 Kg/cm<sup>2</sup>.

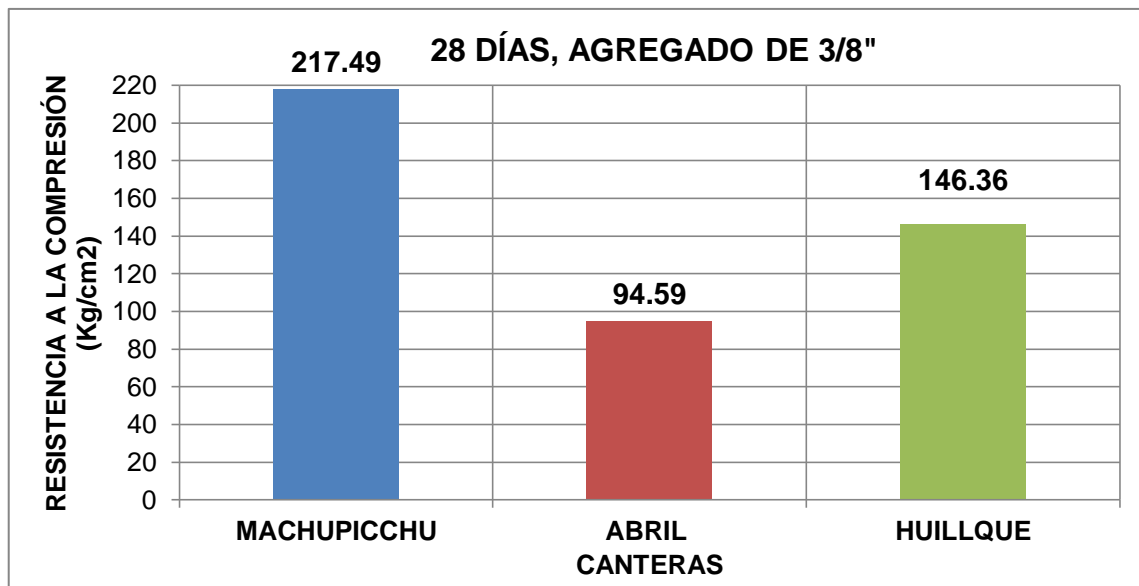
4.2.1.3.2 Comparación de Resistencia del Concreto a los 28 días Agregado de 3/8"

TABLA N° 215: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 Días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 3/8"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	217.49	103.57%
ABRIL	94.59	45.04%
HUILLQUE	146.36	69.70%

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 65: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 28 días, elaborado con Agregado de 3/8":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 217.49 Kg/cm<sup>2</sup>, demostrando así también que sobrepaso el diseño de mezcla.

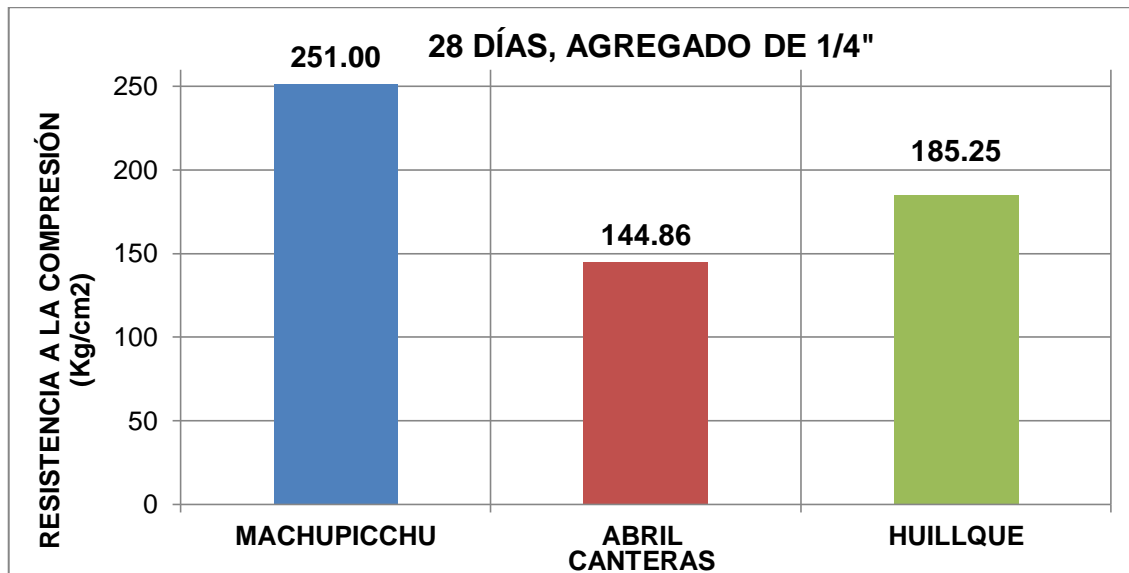
4.2.1.3.3 Comparación de Resistencia del Concreto a los 28 días Agregado de 1/4"

TABLA N° 216: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 Días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 1/4"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	251.00	119.52%
ABRIL	144.86	68.98%
HUILLQUE	185.25	88.21%

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 66: Comparación de Resistencia Promedio a los 28 días del Concreto Poroso con Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Compresión Promedio del concreto poroso a los 28 días, elaborado con Agregado de 3/8":

En el gráfico se aprecia que el concreto elaborado con agregado de la cantera de Machupicchu es el de mayor promedio de compresión con 251.00 Kg/cm<sup>2</sup>, demostrando así también que sobrepaso el diseño de mezcla.

4.2.2 Comparación de la Evolución de la Resistencia del Concreto

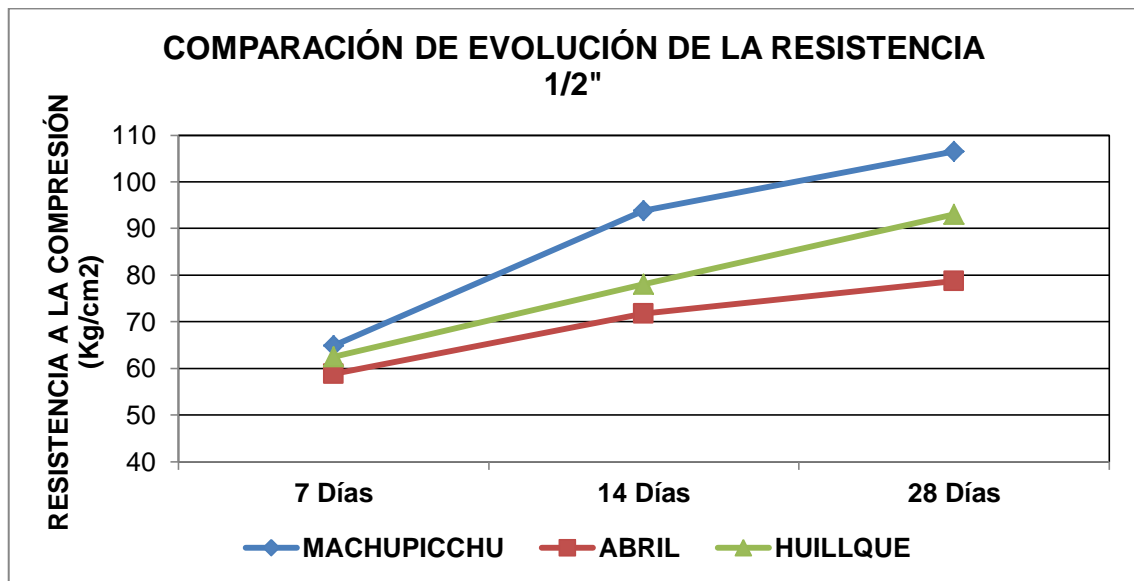
4.2.2.1 Comparación de la Evolución de la Resistencia del Concreto Agregado de 1/2"

TABLA N° 217: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 1/2"

COMPARACIÓN DE CANTERAS Y CRECIMIENTO DE EDADES AGREGADO DE 1/2"						
CANTERA	EDADES					
	7 Días		14 Días		28 Días	
	Kgf/cm2	%	Kgf/cm2	%	Kgf/cm2	%
MACHUPICCHU	64.89	30.90%	93.82	44.68%	106.52	50.72%
ABRIL	58.82	28.01%	71.72	34.15%	78.76	37.51%
HUILLQUE	62.45	29.74%	78.09	37.19%	92.98	44.27%

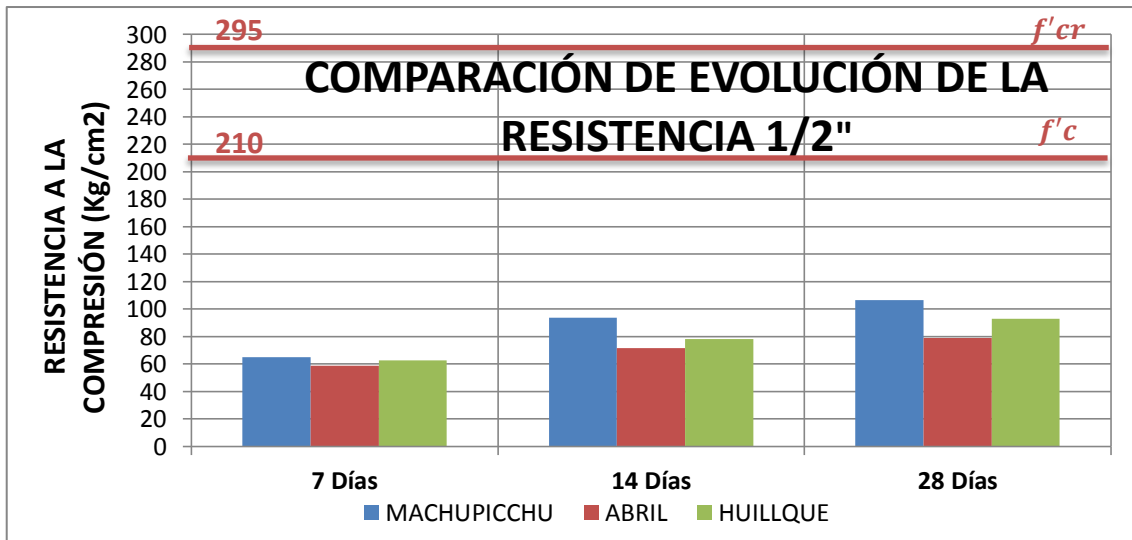
FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 67: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 68: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

En la figura 67 y 68 se puede apreciar la evolución de la Resistencia a la compresión de agregado de 1/2" de cada una de las 03 canteras, mostrando un incremento de la resistencia con respecto al tiempo de curado; siendo el de mayor resistencia la cantera de Machupicchu, la cual tiene hasta una resistencia de 106.52 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días, a un 50.72% del diseño de mezclas.

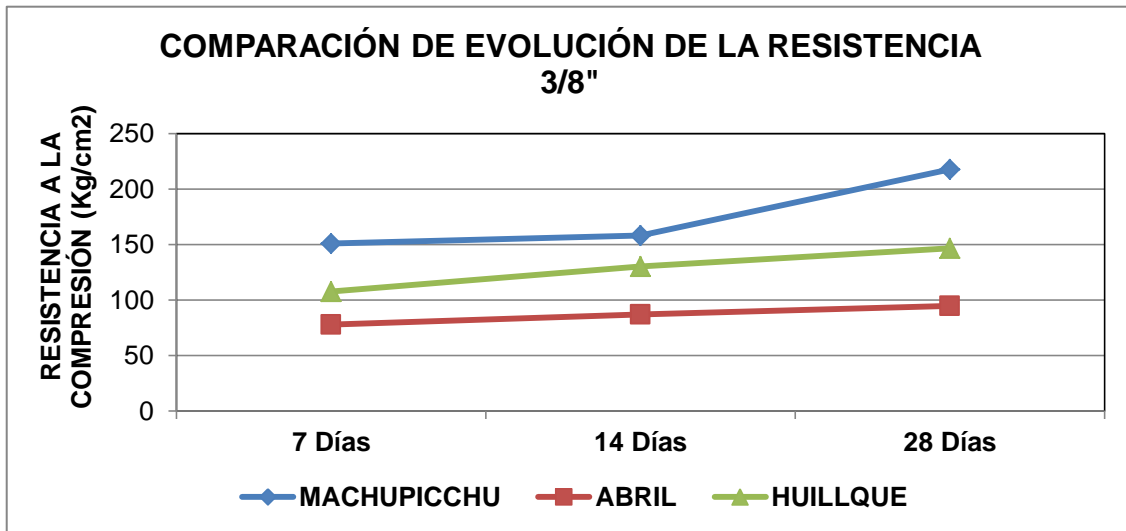
4.2.2.2 Comparación de la Evolución de la Resistencia del Concreto Agregado de 3/8"

TABLA N° 218: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 3/8"

COMPARACIÓN DE CANTERAS Y CRECIMIENTO DE EDADES AGREGADO DE 3/8"						
CANTERA	EDADES					
	7 Días		14 Días		28 Días	
	Kgf/cm <sup>2</sup>	%	Kgf/cm <sup>2</sup>	%	Kgf/cm <sup>2</sup>	%
MACHUPICCHU	150.97	71.89%	158.05	75.26%	217.49	103.57%
ABRIL	77.83	37.06%	86.71	41.29%	94.59	45.04%
HUILLQUE	107.78	51.32%	130.00	61.91%	146.36	69.70%

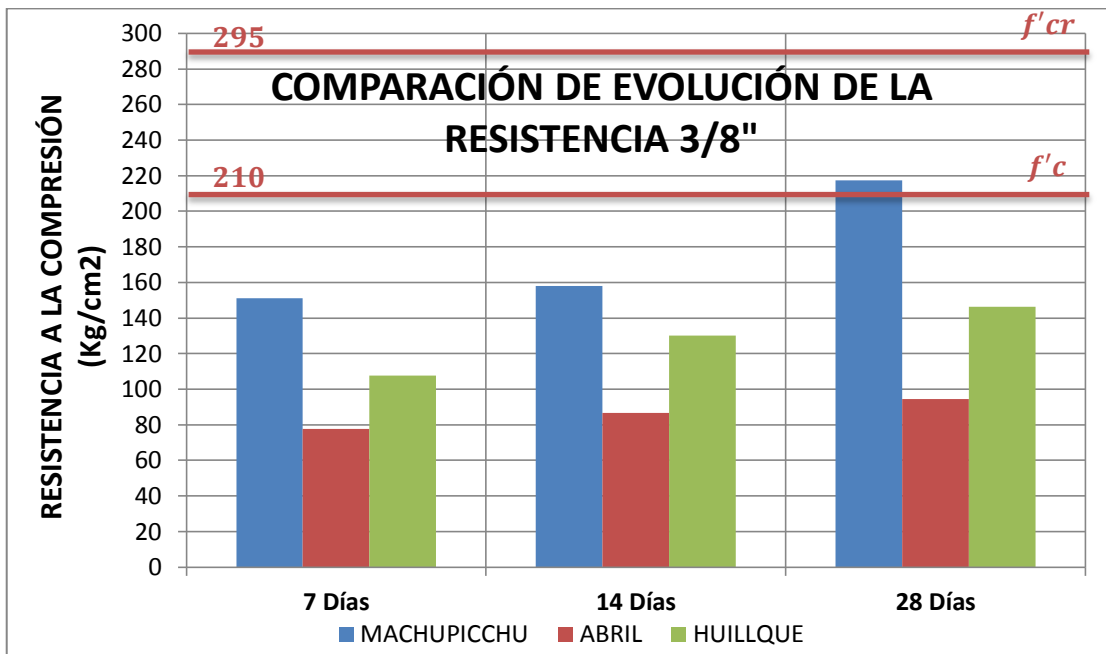
FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 69: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 70: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

En las figuras 69 y 70 se puede apreciar la evolución de la Resistencia a la compresión de agregado de 3/8" de cada una de las 03 canteras, mostrando un incremento de la resistencia con respecto al tiempo de curado; siendo el de mayor resistencia la cantera de Machupicchu, la cual tiene hasta una resistencia de 217.49 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días, a un 103.57% del diseño de mezclas.



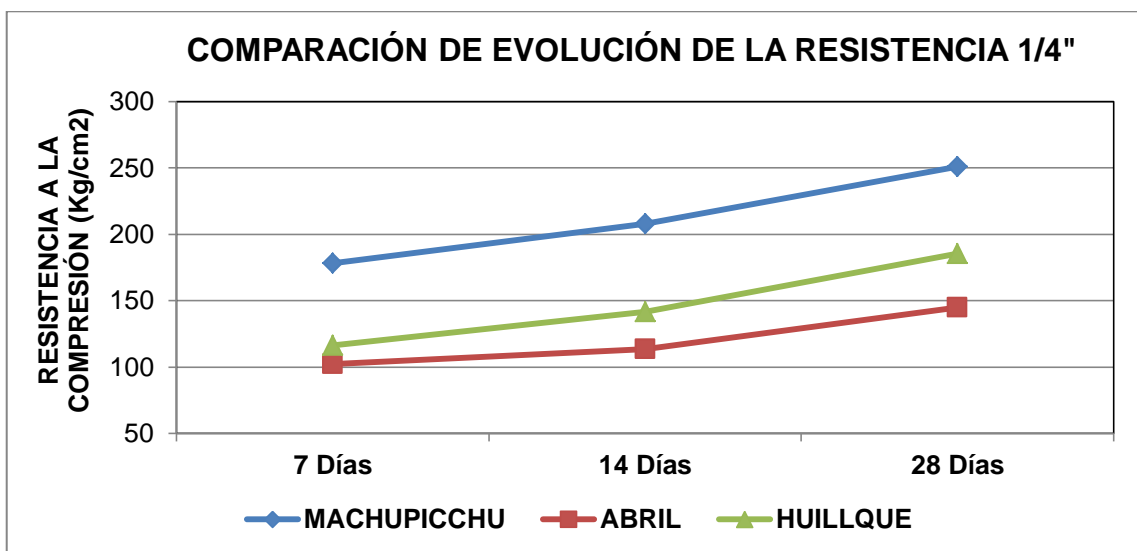
4.2.2.3 Comparación de la Evolución de la Resistencia del Concreto Agregado de 1/4"

TABLA N° 219: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 1/4"

COMPARACIÓN DE CANTERAS Y CRECIMIENTO DE EDADES AGREGADO DE 1/4"						
CANTERA	EDADES					
	7 Días		14 Días		28 Días	
	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%	Kg/cm2	%
MACHUPICCHU	178.05	84.79%	207.71	98.91%	251.00	119.52%
ABRIL	102.16	48.65%	113.66	54.12%	144.86	68.98%
HUILLQUE	116.20	55.33%	141.63	67.44%	185.25	88.21%

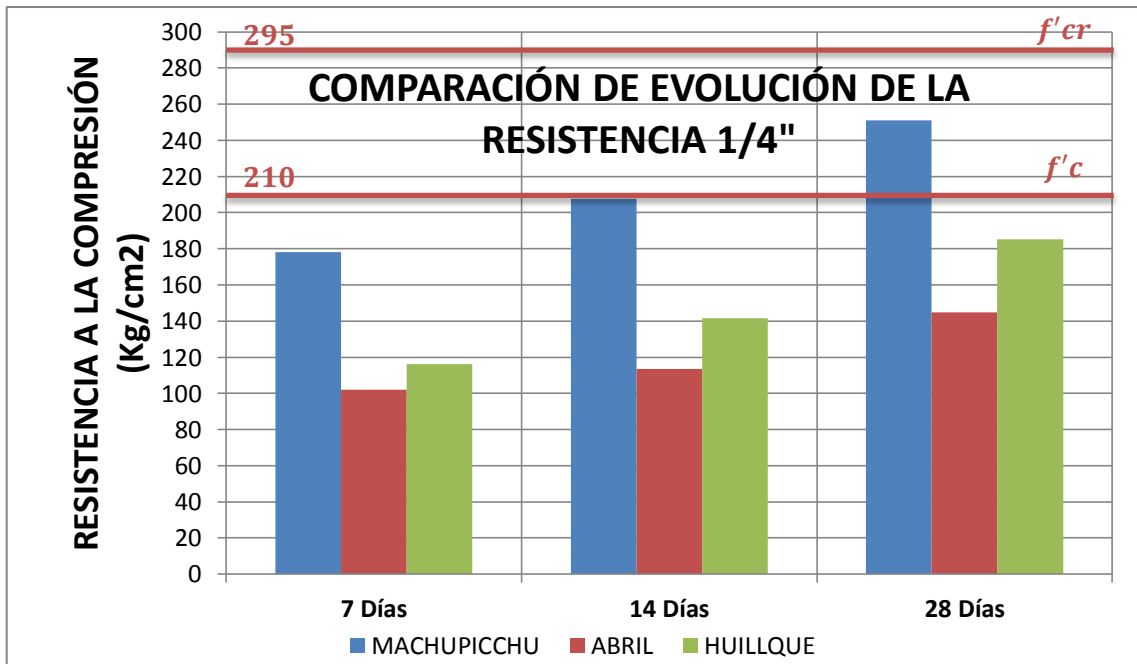
FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 71: Comparación de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 72: Comparación en barras de la Evolución de la Resistencia Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

En las figuras 71 y 72 se puede apreciar la evolución de la Resistencia a la compresión de agregado de 1/4" de cada una de las 03 canteras, mostrando un incremento de la resistencia con respecto al tiempo de curado; siendo el de mayor resistencia la cantera de Machupicchu, la cual tiene hasta una resistencia de 251.00 kgf/cm<sup>2</sup> a los 28 días, a un 119.52% del diseño de mezclas.

### 4.3 Comparación de la Infiltración

#### 4.3.1 Comparación de la Infiltración de Misma Cantera

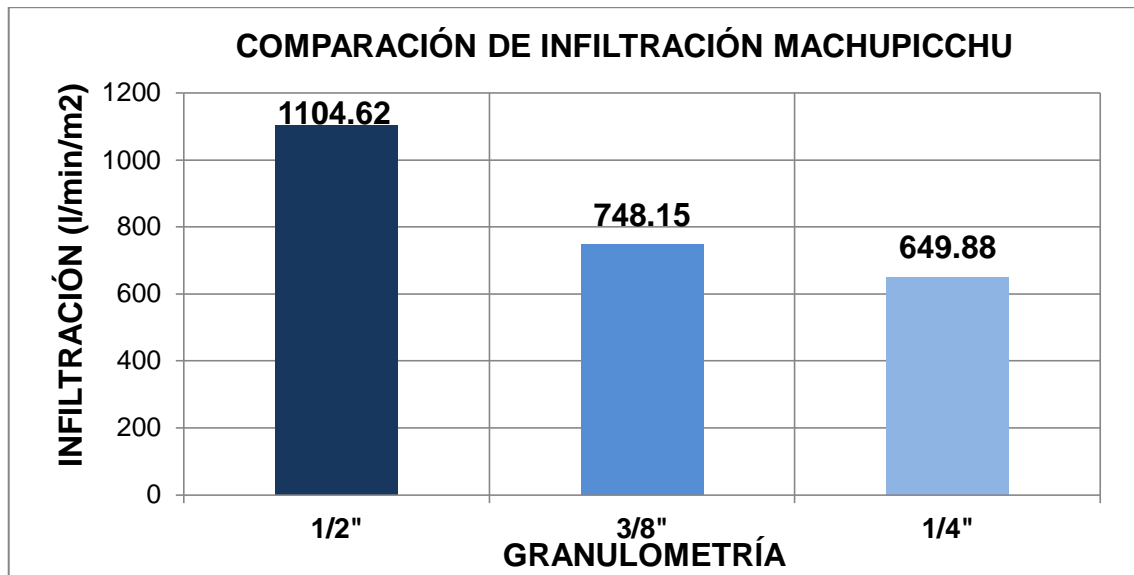
##### 4.3.1.1 Comparación de la Infiltración Machupicchu

**TABLA N° 220: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Machupicchu**

INFILTRACIÓN DE AGREGADO MACHUPICCHU		
TAMAÑO	INFILTRACIÓN	UNIDAD
1/2"	1104.62	l/min/m2
3/8"	748.15	l/min/m2
1/4"	649.88	l/min/m2

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 70: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Machupicchu**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de Machupicchu:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/2" de Machupicchu es el de mayor promedio de Infiltración con 1104.62 l/min/m2, así como muestran una relación directamente proporcional de Infiltración con respecto a la dimensión del agregado.

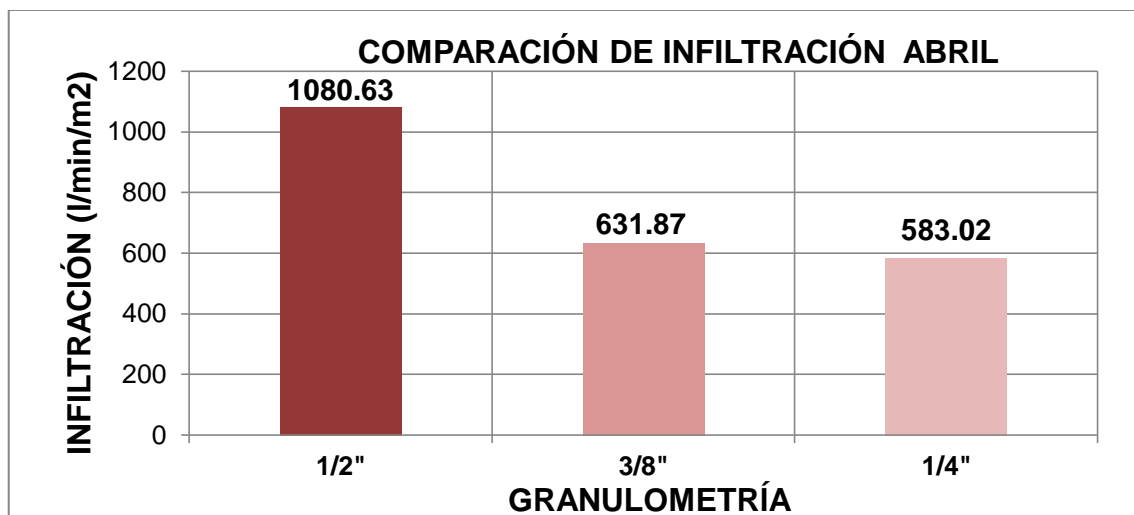
#### 4.3.1.2 Comparación de la Infiltración Abril

**TABLA N° 221: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Abril**

INFILTRACIÓN DE AGREGADO ABRIL		
TAMAÑO	INFILTRACIÓN	UNIDAD
1/2"	1080.63	l/min/m <sup>2</sup>
3/8"	631.87	l/min/m <sup>2</sup>
1/4"	583.02	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 71: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Abril**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de Abril:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/2" de Abril es el de mayor promedio de Infiltración con 1080.63 l/min/m<sup>2</sup>, así como muestran una relación directamente proporcional de Infiltración con respecto a la dimensión del agregado.

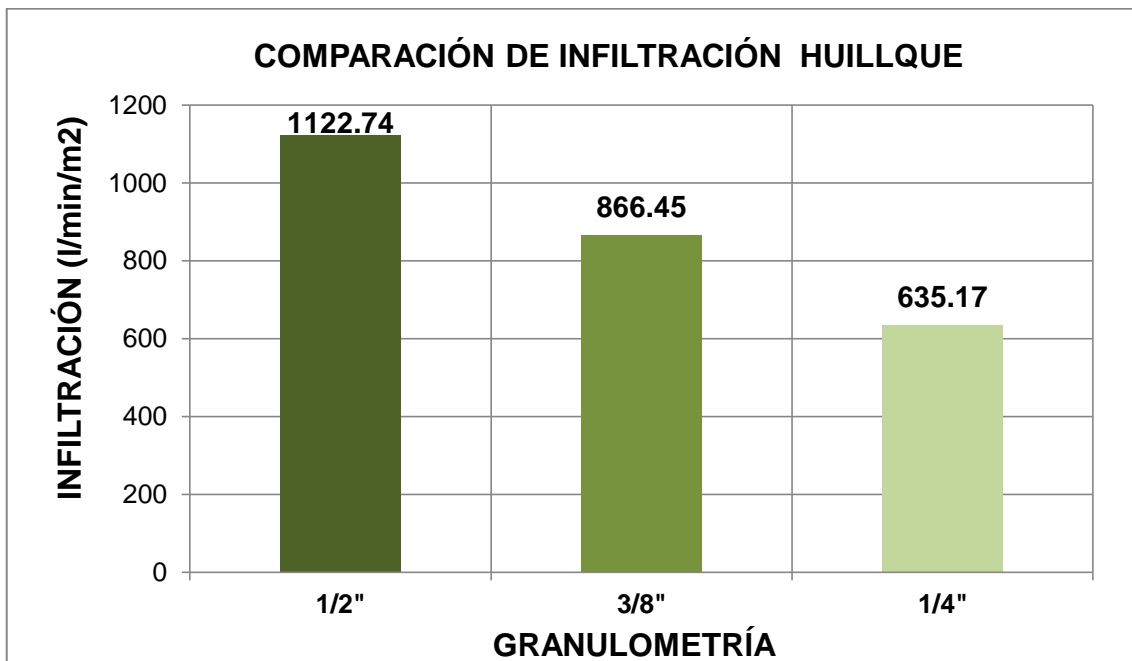
4.3.1.3 Comparación de la Infiltración Huillque

TABLA N° 222: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Huillque

INFILTRACIÓN DE AGREGADO HUILLQUE		
TAMAÑO	INFILTRACIÓN	UNIDAD
1/2"	1122.74	l/min/m2
3/8"	866.45	l/min/m2
1/4"	635.17	l/min/m2

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 72: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Huillque



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de Huillque:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/2" de Abril es el de mayor promedio de Infiltración con 1122.74 l/min/m2, así como muestran una relación directamente proporcional de Infiltración con respecto a la dimensión del agregado.

### 4.3.2 Comparación de la Infiltración por Tipo de Granulometría

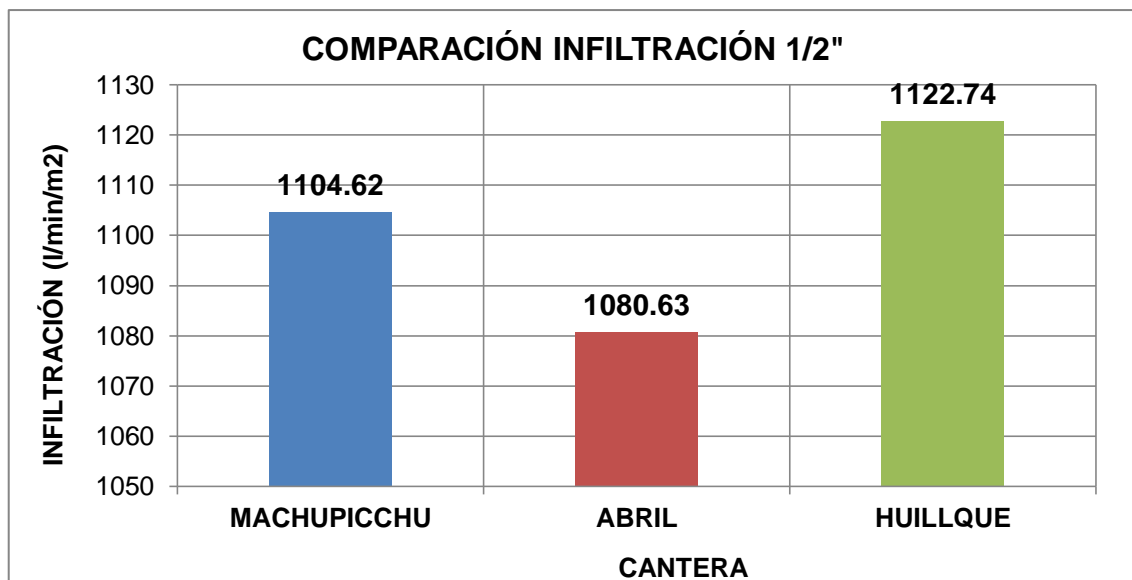
#### 4.3.2.1 Comparación de la Infiltración 1/2"

**TABLA N° 223: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado De 1/2"**

INFILTRACIÓN AGREGADO DE 1/2"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	1104.62	l/min/m <sup>2</sup>
ABRIL	1080.63	l/min/m <sup>2</sup>
HUILLQUE	1122.74	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 73: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2"**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/2":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/2" de Huillque es el de mayor promedio de Infiltración con 1122.74 l/min/m<sup>2</sup>.

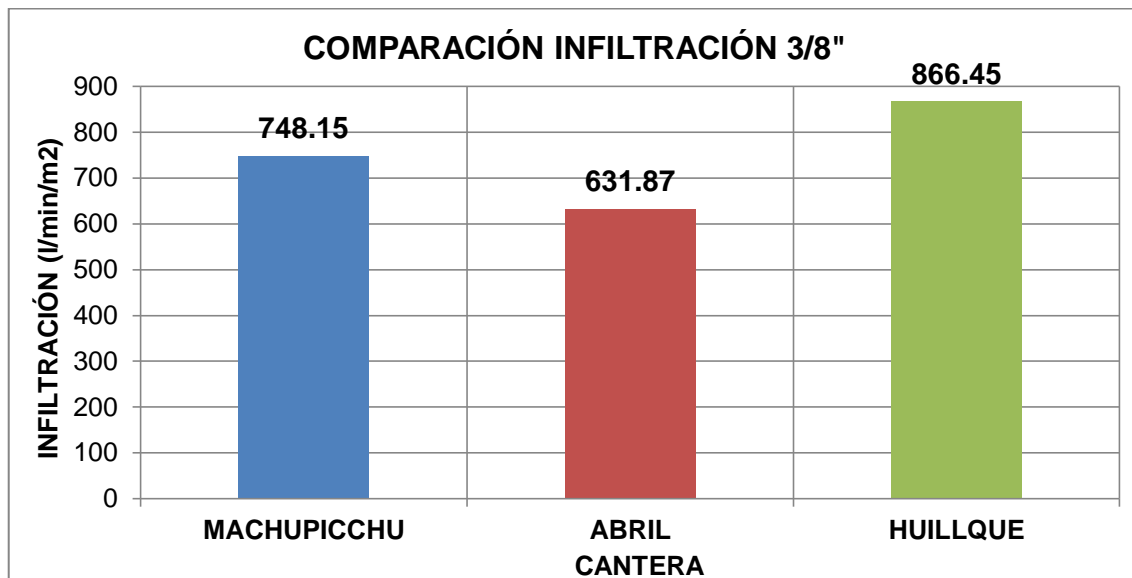
## 4.3.2.2 Comparación de la Infiltración 3/8"

TABLA N° 224: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 3/8"

INFILTRACIÓN AGREGADO DE 3/8"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	748.15	l/min/m <sup>2</sup>
ABRIL	631.87	l/min/m <sup>2</sup>
HUILLQUE	866.45	l/min/m <sup>2</sup>

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 74: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de 3/8":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 3/8" de Huillque es el de mayor promedio de Infiltración con 866.45 l/min/m<sup>2</sup>.

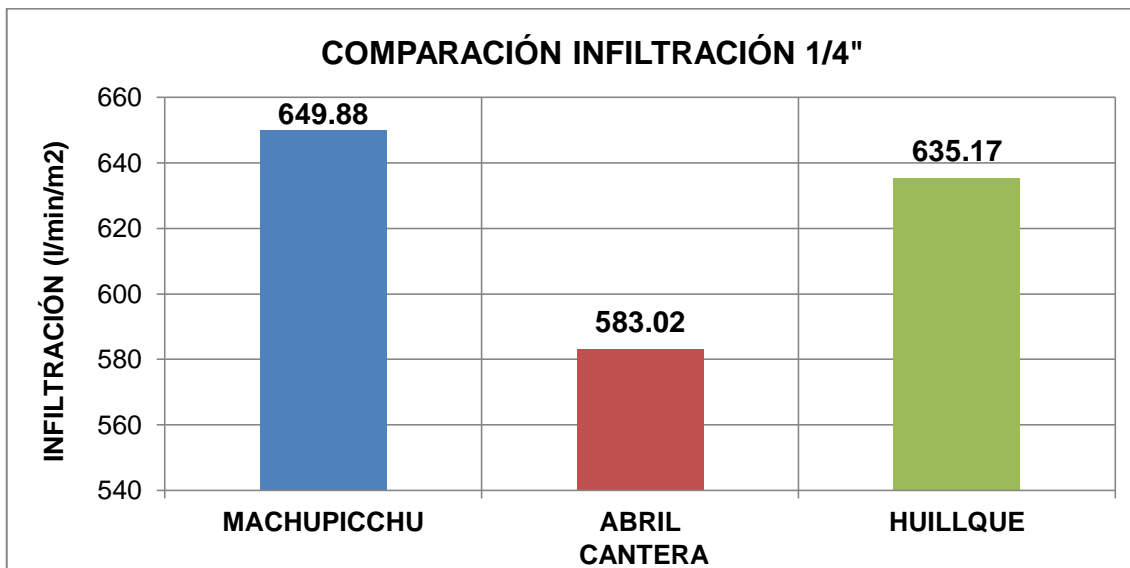
4.3.2.3 Comparación de la Infiltración 1/4"

**TABLA N° 225: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 1/4"**

INFILTRACIÓN AGREGADO DE 1/4"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	649.88	l/min/m2
ABRIL	583.02	l/min/m2
HUILLQUE	635.17	l/min/m2

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 75: Comparación de la Infiltración Promedio del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados de la Infiltración del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/4":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/4" de Machupicchu es el de mayor promedio de Infiltración con 649.88 l/min/m2.



4.4 Comparación del Revenimiento

4.4.1 Comparación del Revenimiento entre Cantera

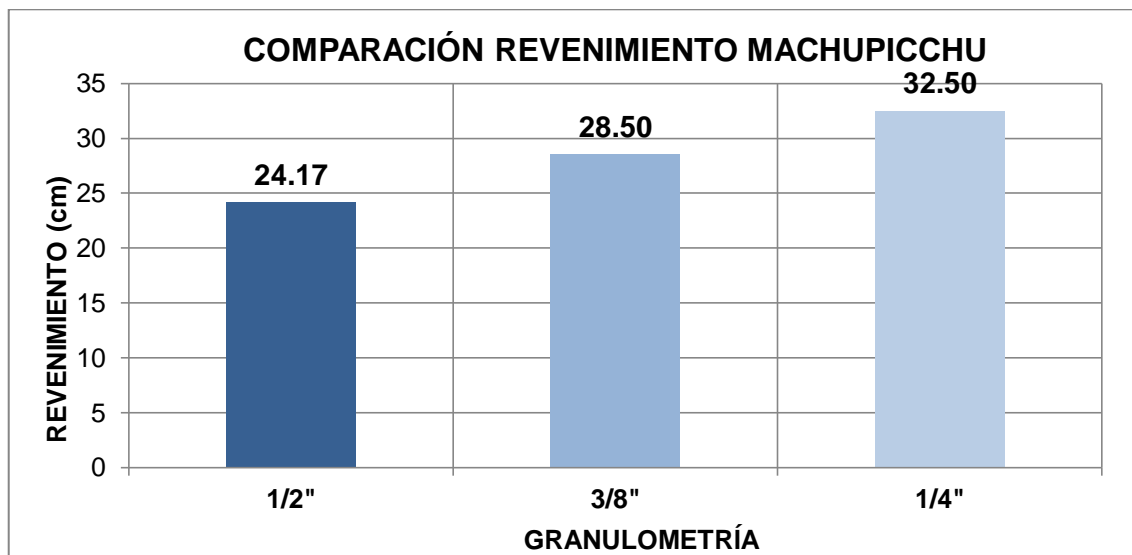
4.4.1.1 Comparación del Revenimiento Machupicchu

TABLA N° 226: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Machupicchu

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO MACHUPICCHU						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO	UNIDAD
		D1	D2			
1/2"	7	24	25	24.5	24.17	cm
	14	23	24	23.5		cm
	28	25	24	24.5		cm
3/8"	7	28	29	28.5	28.50	cm
	14	27	28	27.5		cm
	28	29	30	29.5		cm
1/4"	7	32	33	32.5	32.50	cm
	14	31	32	31.5		cm
	28	34	33	33.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 76: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Machupicchu



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de Machupicchu:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/4" de Machupicchu es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 32.50

cm, así como muestran una relación directa de Fluidez con respecto a la disminución de tamaño del agregado.

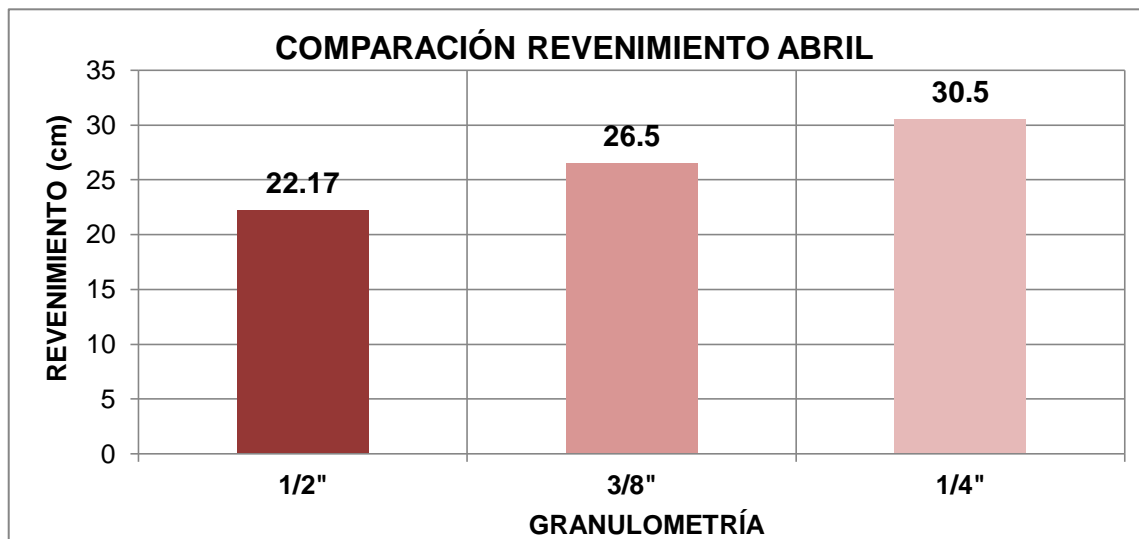
**4.4.1.2 Comparación Del Revenimiento Abril**

**TABLA N° 227: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Abril**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO ABRIL						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO.	UNIDAD
		D1	D2			
1/2"	7	22	23	22.5	22.17	cm
	14	21	22	21.5		cm
	28	23	22	22.5		cm
3/8"	7	26	27	26.5	26.5	cm
	14	25	26	25.5		cm
	28	27	28	27.5		cm
1/4"	7	30	31	30.5	30.5	cm
	14	29	30	29.5		cm
	28	32	31	31.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 77: Comparación De Revenimiento Del Concreto Poroso Elaborado Con Agregado De Abril**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de Abril:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/4" de Abril es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 30.50 cm, así como

muestran una relación directa de Fluidez con respecto a la disminución de tamaño del agregado.

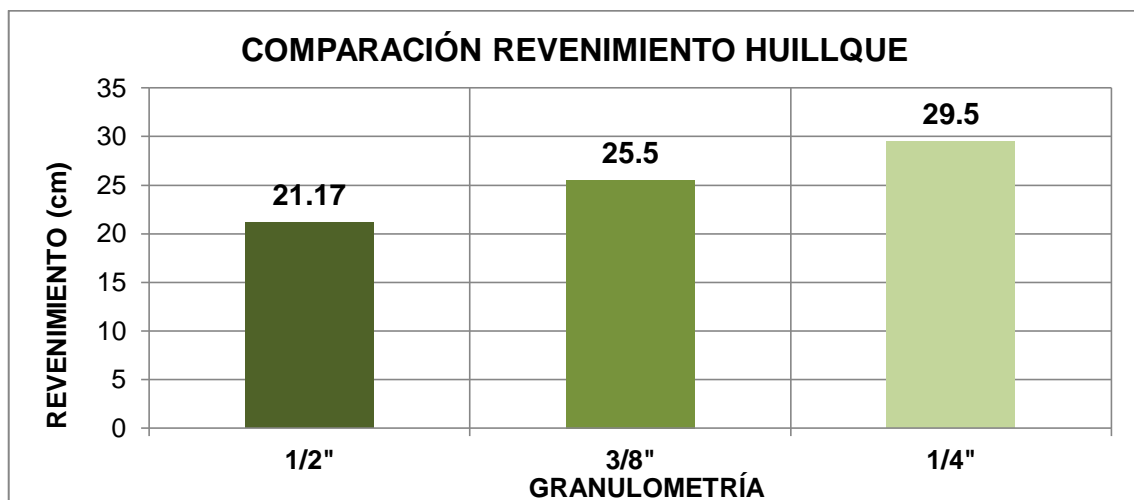
**4.4.1.3 Comparación Del Revenimiento Huillque**

**TABLA N° 228: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de Huillque**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO HUILLQUE						
TAMAÑO (Pulgada)	EDAD (Días)	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO.	UNIDAD
		D1	D2			
1/2"	7	21	22	21.5	21.17	cm
	14	20	21	20.5		cm
	28	22	21	21.5		cm
3/8"	7	25	26	25.5	25.5	cm
	14	24	25	24.5		cm
	28	26	27	26.5		cm
1/4"	7	29	30	29.5	29.5	cm
	14	28	29	28.5		cm
	28	31	30	30.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 78: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de Huillque**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de Huillque:

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de 1/4" de Huillque es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 29.50 cm, así como muestran una relación directa de Fluidez con respecto a la disminución de tamaño del agregado.

#### 4.4.2 Comparación del Revenimiento Misma Granulometría

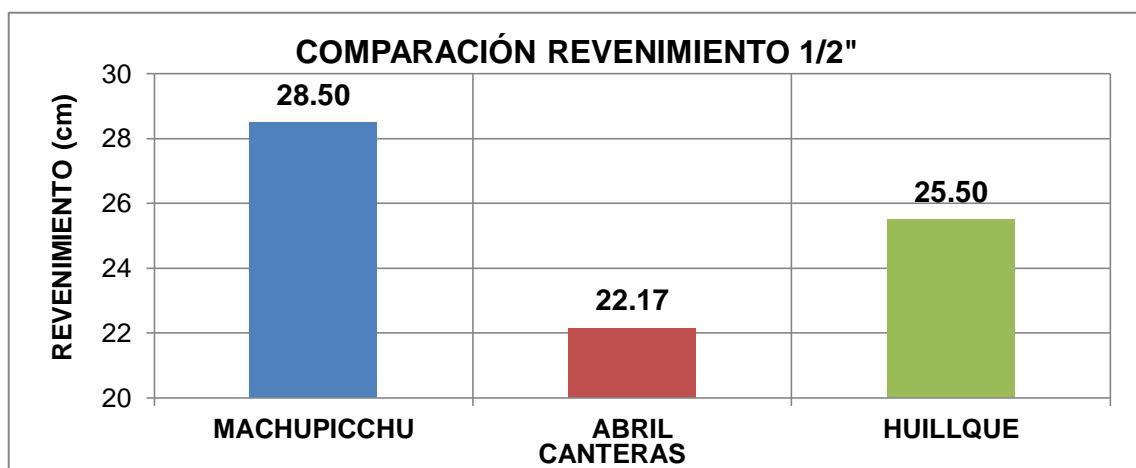
##### 4.4.2.1 Comparación del Revenimiento Agregado de 1/2"

**TABLA N° 229: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 1/2"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 1/2"						
CANTERA	DÍAS	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO	UNIDAD
		D1	D2			
MACHUPICCHU	7	24	25	24.5	24.17	cm
	14	23	24	23.5		cm
	28	25	24	24.5		cm
ABRIL	7	22	23	22.5	22.17	cm
	14	21	22	21.5		cm
	28	23	22	22.5		cm
HUILLQUE	7	21	22	21.5	21.17	cm
	14	20	21	20.5		cm
	28	22	21	21.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 79: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/2"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/2":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de Machupicchu es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 28.50 cm.

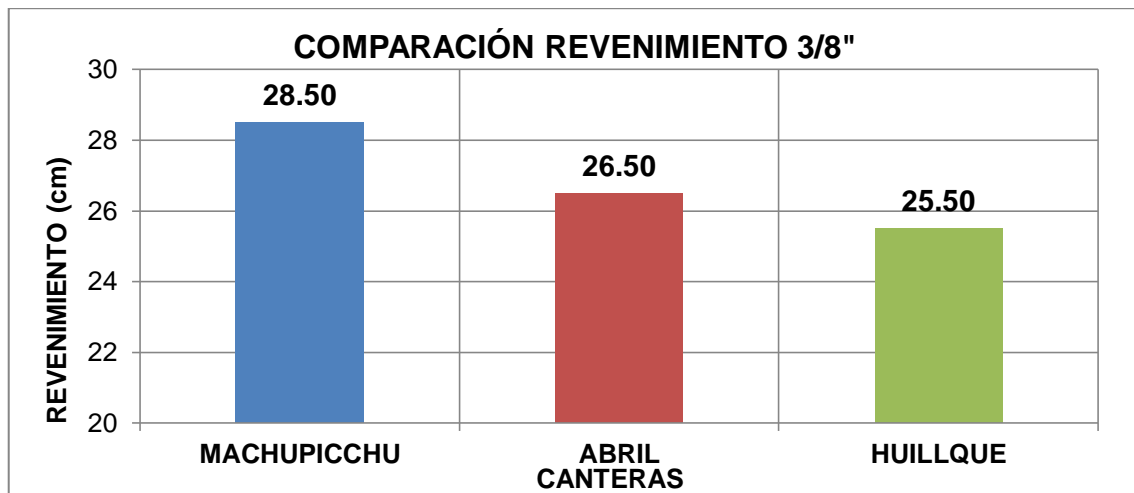
**4.4.2.2 Comparación del Revenimiento Agregado de 3/8"**

**TABLA N° 230: COMPARACIÓN DE REVENIMIENTO DEL CONCRETO POROSO ELABORADO CON AGREGADO DE 3/8"**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 3/8"						
CANTERA	DÍAS	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO	UNIDAD
		D1	D2			
MACHUPICCHU	7	28	29	28.5	28.50	cm
	14	27	28	27.5		cm
	28	29	30	29.5		cm
ABRIL	7	26	27	26.5	26.50	cm
	14	25	26	25.5		cm
	28	27	28	27.5		cm
HUILLQUE	7	25	26	25.5	25.50	cm
	14	24	25	24.5		cm
	28	26	27	26.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 80: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 3/8"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de 3/8":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de Machupicchu es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 28.50 cm.

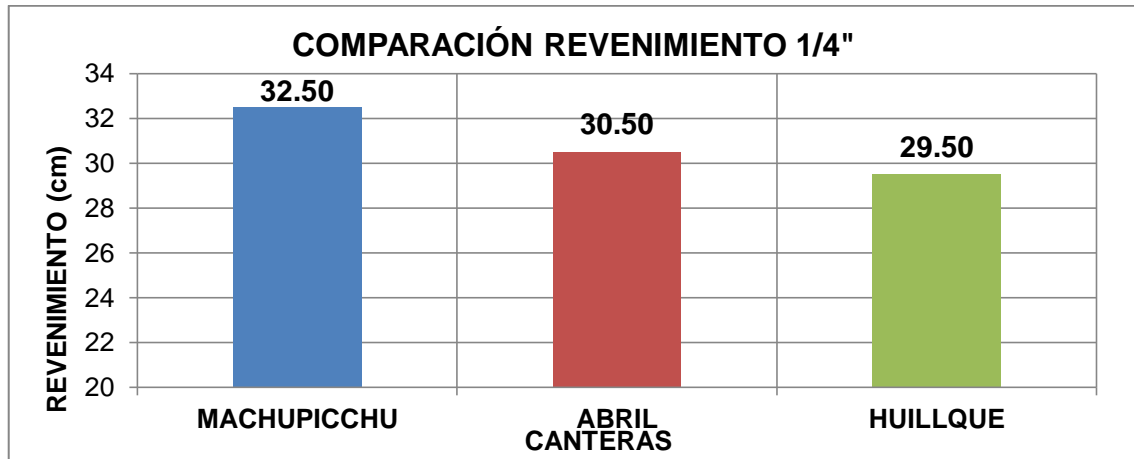
4.4.2.3 Comparación del Revenimiento Agregado de 1/4"

TABLA N° 231: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso Elaborado con Agregado de 1/4"

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 1/4"						
PULGADAS	DÍAS	DIÁMETROS		PROMEDIO	PROMEDIO PONDERADO	UNIDAD
		D1	D2			
MACHUPICCHU	7	32	33	32.5	32.50	cm
	14	31	32	31.5		cm
	28	34	33	33.5		cm
ABRIL	7	30	31	30.5	30.50	cm
	14	29	30	29.5		cm
	28	32	31	31.5		cm
HUILLQUE	7	29	30	29.5	29.50	cm
	14	28	29	28.5		cm
	28	31	30	30.5		cm

FUENTE: Elaboración Propia

FIGURA N° 81: Comparación de Revenimiento del Concreto Poroso elaborado con Agregado de 1/4"



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del Revenimiento del concreto poroso elaborado con Agregado de 1/4":

El gráfico demuestra que el concreto elaborado con agregado de Machupicchu es el de mayor Revenimiento con un diámetro promedio de 32.50 cm.

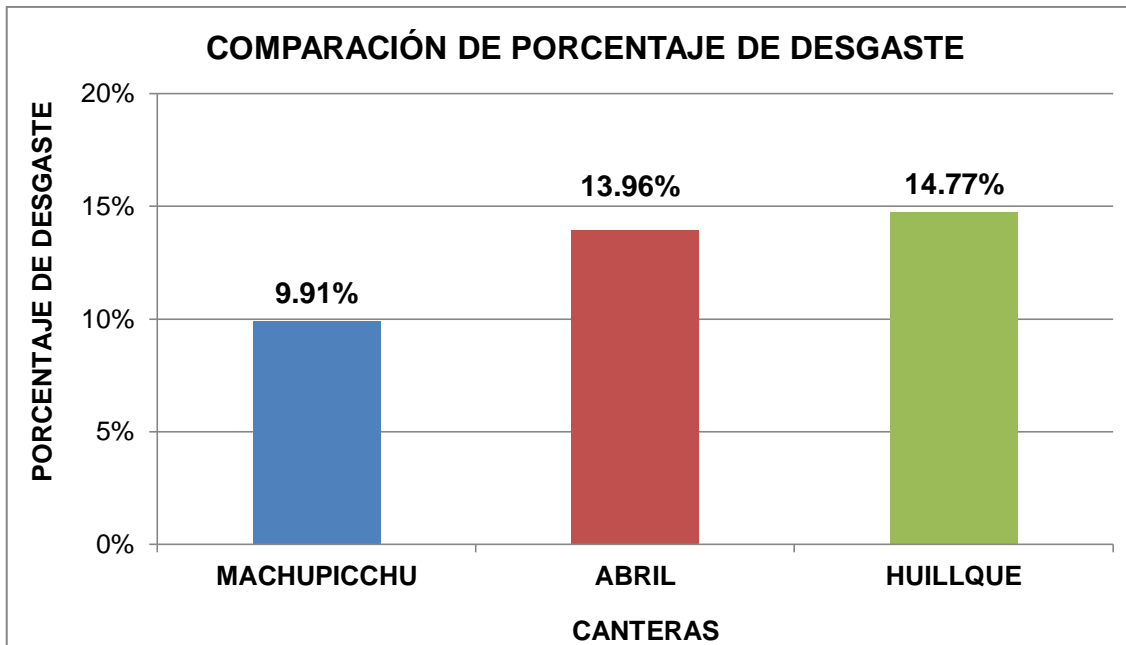
#### 4.5 Comparación de Abrasión

**TABLA N° 232: Comparación de Porcentaje de Desgaste de los Agregados**

ABRASIÓN	
CANTERA	% DESGASTE
MACHUPICCHU	9.91%
ABRIL	13.96%
HUILLQUE	14.77%

FUENTE: Elaboración Propia

**FIGURA N° 82: Comparación de Porcentaje de Desgaste de los Agregados**



FUENTE: Elaboración Propia

Resultados del ensayo de Abrasión con la máquina de los Ángeles de los agregados de las canteras de Machupicchu, Abril y Huillque:

El gráfico demuestra que los agregados con mayor porcentaje de desgaste son de la cantera de Huillque con 14.77%; a su vez los agregados con menor porcentaje de desgaste son de la Cantera de Machupicchu con 9.91%, resultando estos los de mayor resistencia a la Abrasión.



## 5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

**¿Cuál es la Corrección que se Hace al Diseño de Concreto Poroso en la Relación Agua /Cemento Según la Norma A.C.I. 211,2-98, y que Factores Ambientales Influyen en Esta?**

Existe una corrección de la relación a/c recomendación de exposición al congelamiento y descongelamiento según A.C.I. 211,2-98, para zonas que sofre cambios bruscos de temperatura como es la de la ciudad del cusco Que llega a temperaturas Máxima: hasta 32° C., Media de 17° C a 18° C. Y Mínima: Desciende hasta los 4° C. por lo cual Recomienda subir la relación de a/c, por ello la nueva relación a/c será:

$$X = 0.50$$

**¿Cuál es la Particularidad de Usar El Método del Cono de Abrams Invertido para Medir el Revenimiento con el Cono de Abrams Normalizado?**

EL ensayo del cono invertido - Métodos de prueba alternativos (ASTM C09-49). Uno de los métodos alternativos para medir el revenimiento del concreto poroso en donde, se utiliza el Cono de Abrams invertido, se debe porque no tiene finos y por ser una mezcla seca el cual es llenado sin realizar ningún tipo de compactación, para luego ser enrasado y levantando hacia arriba haciendo que el concreto pase por la abertura la más corta de cono, para luego medir el diámetro provocado por el concreto y poder determinar su revenimiento en (cm) por la expansión que esta produce al caer por el orificio pequeño del cono.





### **¿Por qué es Importante la Permeabilidad del Concreto Poroso con Respecto a su Durabilidad?**

La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua.

Con respecto a la durabilidad a mayor permeabilidad más poros tendrá el concreto y mayor será su infiltración, pero la resistencia y durabilidad es menor ya no tendrá buena capacidad de soportar pesos directos, los materiales orgánicos entre otros ocuparán los poros lo que es importante ver la permeabilidad con respecto a su durabilidad.

### **¿Cómo Afecta al Diseño de Mezclas el Uso de Agregado del Mismo Tamaño?**

Vemos que esta investigación está basada en un diseño de mezclas para concreto poroso con agregado grueso de un solo tamaño, tamizado respectivamente para 1/2", 3/8" y 1/4" este concreto al no contar con finos tenemos una muestra seca y con gran cantidad de espacios vacíos entre partículas la cual genera una muestra inconsistente logrando resistencias bajas. Entonces una mezcla con agregado del mismo tamaño afecta directamente a la resistencia de diseño.

### **¿Por qué es Importante la Porosidad en Relación con: La Resistencia y la Durabilidad.**

La porosidad es una propiedad del concreto poroso que permite el flujo de agua por su estructura sin alterarla, al tener un concreto con gran porosidad implica espacios vacíos el cual afecta directamente su resistencia a la compresión teniendo un concreto de menor duración a los agentes externos.



### **¿Qué Aplicaciones Puede Tener el Concreto Poroso?**

Durante el desarrollo y evaluaciones del concreto poroso se ha evidenciado que tiene grandes utilidades para su aplicación en diferentes estructuras como:

- Capa de rodadura de tramos de carreteras
- Capa de base o suba base para pavimentos
- Pavimentos de plazoleta, parques, Estacionamiento
- Canchas de tenis, futbol
- Andenes
- Filtros y/o sistemas de drenaje
- Muros de contención
- Protección de taludes y gaviones
- Bases en zanjas de ductos para tuberías

El concreto poroso es un tipo especial de concreto con alto grado de porosidad por lo que es un material de construcción sustentable que puede ser aplicado en muchas estructuras siempre y cuando se haga su correcta dosificación e instalación.

### **¿Cómo Afectaría las Precipitaciones Pluviales al Concreto Poroso en la Ciudad del Cusco?**

La ciudad del cusco está compuesta por estratos de suelos arcillosos, limosos entre otros y está ubicada en una de las regiones con mayor precipitación pluvial ya que cuando llueve esta produce escorrentías superficiales con gran cantidad de sólidos en suspensión compuesto por arenillas, arcillas y limos los cuales taponan los espacios vacíos del concreto poroso haciendo que pierda sus principal propiedad que es la permeabilidad este es uno de los problemas que se presentaría en la ciudad del cusco.



## 6. GLOSARIO

**Absorción de agua** – (1) el proceso por el cual un líquido (agua) se absorbe y tiende a llenar los poros permeables en un sólido poroso. (2) la cantidad de agua absorbida por un material bajo condiciones especificadas de ensayo, comúnmente expresada como el porcentaje de la masa de la probeta de ensayo. .

**Agregado** – material mineral granular, tal como la arena natural, la arena manufacturada, la grava, la piedra triturada, la escoria granulada de alto horno enfriada al aire, la vermiculita y la perlita.

**Agregado grueso** – grava natural, piedra triturada o escoria de alto horno de hierro, frecuentemente mayor que 5 mm (0.2 pulg.) y cuyo tamaño normalmente varía entre 9.5 mm y 37.5 mm (3/8 y 1 1/2 pulg.).

**Agujero** – término que describe la falla del mortero en rodear completamente el agregado grueso en el concreto, dejando espacios vacíos entre ellos.

**Ataque de sulfatos** – la forma más común de ataque químico del concreto, causada por los sulfatos en las aguas subterráneas o en el suelo, que se manifiesta por la expansión y la desintegración del concreto.

**Cemento** – El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas, posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

**Cimbras (encofrados, formaletas)** – apoyos temporarios para mantener el concreto fresco en el lugar hasta que se endurezca a un tal grado que se pueda auto soportar (cuando la estructura es capaz de soportar sus cargas muertas). .

**Cohesión** – atracción mutua a través de la cual los elementos de una sustancia se mantienen unidos.

**Compactación** – proceso de inducción de una disposición más cerca de las partículas sólidas en el concreto, mortero o groute frescos, a través de la reducción de los vacíos, frecuentemente logrado con la vibración, el varillado,



los golpes o la combinación de estos métodos. También llamada de consolidación.

**Concreto** – mezcla de material aglomerante (conglomerante) y agregados fino y grueso. En el concreto normal, comúnmente se usan como medio aglomerante, el cemento portland y el agua, pero también pueden contener puzolanas, escoria y/o aditivos químicos.

**Concreto premezclado** – concreto producido para la entrega en la obra en el estado fresco.

### **Concreto Poroso**

El concreto poroso es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea

**Concreto reciclado** – concreto endurecido que se haya reciclado para su uso, normalmente, como agregado.

**Concreto reforzado (armado)** – concreto al cual se adicionan materiales resistentes a la tensión, tales como varillas de acero o alambre metálico.

**Consistencia** – movilidad relativa o capacidad para fluir del concreto, mortero o grout frescos. (Véanse también revenimiento y trabajabilidad).

**Concreto poroso** (concreto sin finos) – concreto que contiene cantidad insuficiente de finos o no contiene finos para llenar los vacíos entre las partículas de agregado en la mezcla. Las partículas de agregado grueso se revisten con una pasta de cemento y agua que une las partículas en sus puntos de contacto. El concreto resultante contiene un sistema de poros interconectados que permite que el agua de la lluvia se drene a través del concreto hacia la sub base abajo.

**Contracción (retracción)** – disminución de la longitud o del volumen del material, resultante de cambios del contenido de humedad, de la temperatura y cambios químicos.

**Contracción** – retracción, encogimiento



**Control de calidad** – acciones realizadas por el productor o el contratista, a fin de proveer un control sobre lo que se está haciendo y sobre lo que se está suministrando, para que las normas de buenas prácticas de obra se sigan.

**Corrosión** – deterioro del metal por la reacción química, electroquímica o electrolítica.

**Curado** – proceso, a través del cual se mantienen el concreto, mortero, grout o revoque frescos, en la condición húmeda y a una temperatura favorable, por el periodo de tiempo de sus primeras etapas, a fin de que se desarrollen las propiedades deseadas del material. El curado garantiza la hidratación y el endurecimiento satisfactorios de los materiales cementantes.

**Curado húmedo al aire** – curado con aire húmedo (no menos del 95% de humedad relativa) a presión atmosférica y a una temperatura de unos 23°C (73°F).

**Descascaramiento (descascarillado, astilladura, desonchadura, despostilladura, engalletamiento, desmoronamiento, escamación, descamación, descantilladura)** – disgregación y lascamiento de la superficie de concreto endurecido, frecuentemente resultante de ciclos de congelación-deshielo y de la aplicación de sales descongelantes.

**Dosificación** – proceso de medición, por peso o por volumen, de los ingredientes y su introducción en la mezcladora para una cantidad de concreto, mortero, grout o revoque.

**Durabilidad** – capacidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland de resistir a la acción de las intemperies y otras condiciones de servicio, tales como ataque químico, congelación-deshielo y abrasión.

### **Infiltración**

Potencial que una superficie tiene de absorber agua a través de su superficie, en términos de lámina de tiempo, de la tasa real de infiltración que se produce cuando hay disponibilidad de agua para penetrar en una superficie.

**Juntas de aislamiento** – separación que permite el movimiento libre de partes adyacentes de la estructura, tanto horizontal como verticalmente.



**Lechada** – mezcla fina de una sustancia insoluble, tal como cemento portland, escoria o arcilla, con un líquido, tal como el agua.

**Mampostería** – las unidades de mampostería de concreto, bloques de arcilla, baldosas estructurales de arcilla, piedras, terracota o una combinación de ellos, unidos por mortero, apilados en seco o anclados con conectores de metal para formar muros, elementos de construcción, pavimentos y otras estructuras.

**Masa específica** – masa por unidad de volumen, peso por unidad de volumen al aire, expresados, por ejemplo, en kg/m<sup>3</sup> (lb/ft<sup>3</sup>).

**Masa específica relativa (densidad relativa)** – una proporción entre la masa y el volumen del material con relación a la densidad del agua, también llamada gravedad específica.

**Masa unitaria (masa volumétrica, densidad)** – masa volumétrica del concreto fresco o del agregado, que normalmente se determina pesándose un volumen conocido de concreto o agregado (la densidad a granel o suelta de los agregados incluye los vacíos entre las partículas).

**Material cementante (material cementoso)** – cualquier material que presente propiedades cementantes o que contribuya para la formación de compuestos hidratados de silicato de calcio. En el proporcionamiento del concreto se consideran como materiales cementantes: cemento portland, cemento hidráulico mezclado, ceniza volante, escoria granulada de alto horno molida, humo de sílice, arcilla calcinada, metacaolinita, esquistos calcinados y ceniza de cáscara de arroz.

**Material cementante suplementario** – material cementante que no sea el cemento portland o el cemento mezclado. Véase también material cementante.

**Metacaolinita** – puzolana altamente reactiva producida de las arcillas caolinitas.

**Módulo de elasticidad** – relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente para esfuerzos de tensión o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material. También conocido como módulo de Young y módulo Young de elasticidad, designado por el símbolo E.



**Módulo de finura (MF)** – factor que se obtiene por la suma de los porcentajes acumulados de material de una muestra de agregado en cada uno de los tamices de la serie especificada y dividido por 100.

**Mortero** – mezcla de materiales cementantes, agregado fino y agua, que puede contener aditivos, y normalmente se usa para unir unidades de mampostería.

**Pasta de cemento** – constituyente del concreto, mortero, grout y revoque que consiste en cemento y agua.

**Pavimento (concreto)** – superficie de concreto de carretera, autopista, calle, camino o estacionamiento. A pesar de referirse normalmente a superficies usadas para viajes, el término también se aplica para área de almacenamiento y zona de juegos.

**Permeabilidad** – Capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviese sin alterar su estructura interna. Se afirma que un material es *permeable* si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado,

**pH** – símbolo químico que representa el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno en átomos gramo por litro, usado para expresar la acidez y la alcalinidad (base) de la solución en una escala de 0 a 14, donde menos que 7 representa acidez y más que 7 alcalinidad.

**Plasticidad** – aquella propiedad de la pasta, concreto, mortero, grout o revoque frescos que determina su trabajabilidad, resistencia a deformación o facilidad de moldeo.

**Plastificante** – aditivo que aumenta la plasticidad del concreto, mortero, grout o revoque de cemento portland.

**Puzolana** – materiales silíceos o silíceos y aluminosos, tales como la ceniza volante o el humo de sílice, que, por sí mismos, poseen poco o ningún valor cementante, pero que cuando están finamente molidos y en presencia de agua, reaccionan con el hidróxido de calcio a temperaturas normales, para formar compuestos que poseen propiedades cementantes.



**Relación agua-cemento (a/c)** – relación entre la masa de agua y la masa de cemento en el concreto.

**Relación agua-material cementante** – relación de la masa de agua por la masa de materiales cementantes en el concreto, incluyéndose el cemento portland, el cemento mezclado, el cemento hidráulico, la escoria, la ceniza volante, el humo de sílice, la arcilla calcinada, la metacaolinita, el esquisto calcinado y la ceniza de cáscara de arroz.

**Rendimiento** – volumen por amasada (bachada, pastón) de concreto que se expresa en metros cúbicos (pies cúbicos).

**Resistencia a compresión** – resistencia máxima que una probeta de concreto, puede resistir cuando es cargada axialmente en compresión en una máquina de ensayo a una velocidad especificada. Normalmente se expresa en fuerza por unidad de área de sección transversal, tal como megapascal (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb/pulg.2 o psi).

**Revenimiento** es determinar la consistencia del **concreto** fresco o de morteros cementicos y velicar la uniformidad de la mezcla de bachada a bachada

**Resistencia a la tensión (tracción)** – esfuerzo hasta el cual el concreto puede resistir sin agrietarse bajo el cargamento a tensión axial.

**Resistencia al fuego** – aquella propiedad del material, elemento o partes de la construcción de resistir al fuego o de dar protección contra el fuego. Se caracteriza por la capacidad de confinar el fuego o de continuar a desempeñar una cierta función estructural durante el fuego o ambos.

**Sangrado (exudación)** – flujo del agua de la mezcla del concreto fresco, causado por el asentamiento de los materiales sólidos de la mezcla.

**Segregación** – separación de los componentes del concreto fresco (agregados y mortero), resultando en una mezcla sin uniformidad.

**Trabajabilidad** – es la propiedad del concreto, mortero, grout o revoque frescos que determina sus características de trabajo, es decir, la facilidad para su mezclado, colocación, moldeo y acabado. (Consulte también revenimiento y consistencia).





**Unidades métricas** – también llamadas unidades del Sistema Internacional (SI) de unidades. Es el sistema de unidades usado en la mayoría de los países en el siglo XXI. Incluyen, pero no se limitan a: (1) longitud en milímetros, metros y kilómetros, (2) área en milímetros cuadrados, metros cuadrados y kilómetros cuadrados, (3) volumen en metros cúbicos y litros, (4) masa en miligramos, gramos, kilogramos y megagramos y (5) temperatura en grados Celsius.

**Unidades pulgadas-libras** – unidades de longitud, área, volumen, peso y temperatura comúnmente usadas en los Estados Unidos entre los siglos XVIII y XX. Incluyen, pero no se limitan a: (1) longitud en pulgadas, pies, yardas y millas, (2) área en pulgadas cuadradas, pies cuadrados, yardas cuadradas y millas cuadradas, (3) volumen en pulgadas cúbicas, pies cúbicos, yardas cúbicas, galones y onzas, (4) peso en libras y onzas y (5) temperatura en grados Fahrenheit.

**Vibración** – agitación de alta frecuencia del concreto fresco a través de aparatos mecánicos, con propósitos de consolidación.

**Velocidad de Infiltración** – Propiedad que deja pasar un flujo de agua por una superficie en un tiempo determinado



## 7. CONCLUSIONES

### **Conclusión N° 01**

Se logró demostrar la Hipótesis-General. La evaluación de resultados al comparar el Grado de Permeabilidad, Resistencia a la Compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu son mayores que los resultados de la cantera de Abril y Huillque.

Logramos determina cada una de la características que tiene cada cantera en mención con la cual hemos trabajado , cumplieron resultados óptimos al diseñar nuestro concreto poroso teniendo una variación mínima de la propiedades de cada cantera.

### **Conclusión N° 02**

Se logró demostrar la sub-hipótesis nro. 01 que dice: Las características comparativas físico mecánicas de los agregados del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 3/8" de las canteras de Vicho son mayores a los de la cantera de Huillque para zonas de bajo volumen de tránsito en la ciudad del Cusco.

En ambas cantera tenemos un agregado óptimo para nuestro diseño de mezcla con forma irregulares para tener mayor adherencia relación cemento / agregado.

Las características comparativas físico mecánicas de los agregados del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu son mayores que las canteras de Abril y Huillque.

En todas las cantera tenemos un buen agregado óptimo con diferencia mínimas para nuestro diseño de mezcla con forma irregulares para tener mayor adherencia relación cemento / agregado.

**Conclusión N° 03**

Se logró demostrar la sub-hipótesis nro. 02 que dice El valor de la resistencia a la compresión de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor que las canteras de Abril y Huillque a los 7, 14 y 28 días.

Como podemos ver llegamos a la conclusión que la cantera con mayor resistencia a la compresión es la de Machupicchu que la de Abril y Huillque

**TABLA N° 233: Comparación de las Tres Canteras a los 28 Días  
Resistencia Máxima**

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 1/2"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	106.52	50.72%
ABRIL	78.76	37.51%
HUILLQUE	92.98	44.27%

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 3/8"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	217.49	103.57%
ABRIL	94.59	45.04%
HUILLQUE	146.36	69.70%

COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA A LOS 28 DÍAS AGREGADO DE 1/4"		
CANTERA	RESISTENCIA	PORCENTAJE
MACHUPICCHU	251.00	119.52%
ABRIL	144.86	68.98%
HUILLQUE	185.25	88.21%

**Conclusión N° 04**

Se logró demostrar la sub-hipótesis nro. 03 que dice: El valor comparativo del Revenimiento de un concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Machupicchu es mayor que los resultados de las canteras de Vicho y Huillque.

El revenimiento para las tres canteras con agregado de 1/2" están entre 21.17cm y 24.17 cm la cual representa una muestra seca no muy trabajable pero si consistente y para el revenimiento con agregado 3/8" de las tres canteras están entre 25.5cm y 28.5 cm la cual representa una muestra seca no fluida, para el revenimiento con agregado de 1/4" esta entre 29.5cm y 32.5 cm la cual representa una muestra fluida con un trabajabilidad moderada todas las granulometrías están con un revenimiento dentro de lo permisible.

**TABLA N° 234: Comparación del Revenimiento de las Tres Canteras**

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 1/2"		
CANTERA	PROMEDIO	UNIDAD
MACHUPICCHU	24.17	cm
ABRIL	22.17	cm
HUILLQUE	21.17	cm

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 3/8"		
CANTERA	PROMEDIO	UNIDAD
MACHUPICCHU	28.50	cm
ABRIL	26.50	cm
HUILLQUE	25.50	cm

REVENIMIENTO DEL AGREGADO GRUESO 1/4"		
CANTERA	PROMEDIO	UNIDAD
MACHUPICCHU	32.50	cm
ABRIL	30.50	cm
HUILLQUE	29.50	cm

**Conclusión N° 05**

Se logró demostrar la sub-hipótesis nro. 04 que dice: El valor de la velocidad de infiltración del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de la cantera de Huillque es mayor que las canteras de Abril y Machupicchu. Concluimos que para un concreto con granulometría 1/2" la cantera de Huillque tiene una velocidad de infiltración más rápida que la de Machupicchu y Abril. Para una granulometría de 3/8" Huillque tiene mayor velocidad de infiltración pero para granulometría de 1/4" esta tendencia varía ya que la cantera de Machupicchu tiene mejor velocidad de infiltración que Abril y Huillque.

**TABLA N° 235: Comparación de la Infiltración de las Tres Canteras**

INFILTRACIÓN DE 1/2"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	1104.62	l/min/m <sup>2</sup>
ABRIL	1080.63	l/min/m <sup>2</sup>
HUILLQUE	1122.74	l/min/m <sup>2</sup>

INFILTRACIÓN DE 3/8"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	748.15	l/min/m <sup>2</sup>
ABRIL	631.87	l/min/m <sup>2</sup>
HUILLQUE	866.45	l/min/m <sup>2</sup>

INFILTRACIÓN DE 1/4"		
CANTERA	INFILTRACIÓN	UNIDAD
MACHUPICCHU	649.88	l/min/m <sup>2</sup>
ABRIL	583.02	l/min/m <sup>2</sup>
HUILLQUE	635.17	l/min/m <sup>2</sup>

**Conclusión N° 06**

Se logró demostrar la sub-hipótesis nro. 05 que dice: El valor del grado de permeabilidad del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/4", 3/8" y 1/2" de la cantera de Machupicchu es mayor que las canteras de Vicho y Huillque.

Concluimos que para un concreto con granulometría 1/2" la cantera de Huillque tiene buena permeabilidad que la de Machupicchu y Abril. Para un granulometría de 3/8" Huillque tiene mayor permeabilidad pero para granulometría de 1/4" esta tendencia varía ya que la cantera de Machupicchu tiene mejor Permeabilidad que Abril y Huillque.

**TABLA N° 236: Comparación de la Permeabilidad de las Tres Canteras**

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 1/2"	
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	143.25
PERMEABILIDAD ABRIL	139.89
PERMEABILIDAD HUILLQUE	144.96

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 3/8"	
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	98.85
PERMEABILIDAD ABRIL	83.20
PERMEABILIDAD HUILLQUE	114.50

COMPARACIÓN DE LA PERMEABILIDAD AGREGADO DE 1/4"	
PERMEABILIDAD MACHUPICCHU	85.43
PERMEABILIDAD ABRIL	77.68
PERMEABILIDAD HUILLQUE	84.03

## 8. RECOMENDACIONES

### **Recomendación N° 01:**

El diseño del concreto poroso depende principalmente de la intensidad de lluvia de la localidad o el lugar de aplicación y este parámetro determinara las características principales de la superficie de rodadura (porcentaje de vacíos), la altura de la base está determinado por la velocidad de infiltración del suelo y la cantidad de lluvia que se produce en lugar de aplicación, es importante señalar que no en todos los tipos de suelos se puede emplear el concreto permeable, dependerá de la velocidad de infiltración del suelo

### **Recomendación N° 02:**

En el diseño de mezclas no se debe olvidar que la durabilidad es un requisito tan importante como la resistencia y trabajabilidad, de manera que se tomaran las medidas necesarias, en función del tipo de ambiente al que vaya a estar expuesto el concreto poroso, para que el periodo de vida útil sea el establecido.

### **Recomendación N° 03:**

El curado es también uno de los elementos fundamentales para obtener un concreto permeable con las condiciones deseadas. El proceso de curado debe comenzar inmediatamente después de compactar y producir las juntas.

### **Recomendación N° 04:**

La compactación en el concreto poroso es uno de los aspectos que más se deben de cuidar, ya que puede afectar considerablemente en la permeabilidad. Es importante no sobrepasar el nivel de compactación, ya que una elevada compactación puede reducir el contenido de vacíos y obstruir los canales de conducción del agua dentro de la matriz y una baja compactación puede ocasionar que la estructura del concreto obtenga un alto contenido de vacíos y reducir considerablemente la resistencia

**Recomendación N° 05:**

Para desarrollar la velocidad de infiltración del concreto hay que tener en cuenta las unidades de esta propiedad del concreto poroso ya que se mide en los litros que pasara en determinado tiempo por metro cuadrado de superficie esto es muy importante para el consumidor ya que el agua tiene que filtrar lo más rápido posible para cumplir con la demanda de este concreto.

**Recomendación N° 06:**

Se recomienda para darle continuidad al tema investigar el comportamiento del concreto poroso al usar aditivos como fluidificantes, fibra de polipropileno y verificar como varían sus características ante estos y otros factores que actúen positivamente al aumento de resistencia del concreto poroso.





## 9. REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (1994). *Tecnología del Concreto*. Lima: San Marcos.
- Abanto, F. (1996). *Tecnología del Concreto (Teoría Y Problemas)*. Lima: San Marcos.
- Asocem. (S.F.). *Boletines Tecnicos*. Lima.
- Calderon Colca, Y. V., & Charca Chura, J. A. (2013). *Investigacion En Concreto Pororso* . Arequipa: Universidad Nacional De San Agustin De Arequipa.
- Campos, A. (2011). *Concreto Permeable*. Mexico.Centage
- Gutierrez. (2003). *El Concreto Y Otros Materiales Para La Construccion*. Bogota: Universidad Nacional De Colombia.
- Kosmatka, S. H. (2004). *Diseño Y Control De Mezclas De Concreto* . Mexico: Portland Cement Association.
- Pasquel, E. (1998). *Temas De Tecnología Del Concreto En El Peru*. Lima: Colegio De Ingenieros Del Peru.
- Polanco Rodriguez, A. (2000). *Prácticas De Laboratorio De Tecnología Del Concreto*. Mexico: Universidad Autonoma De Chihuahua.
- Popper, K. R. (1980). *La Lógica De La Investigación Científica*. Madrid: Tecnos.
- Ramos, P. D. (2009). *Estudio Experimental De Los Concreto Permeable Con Agregados*. Mexico Df: Universidad Autonoma De Mexico.
- Rivva, E. (1992). *Tecnología Del Concreto - Diseño De Mezclas* . Lima: Hozlo.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza Y Materiales Del Concreto*. Lima: Capitulo Peruano Aci.
- Sampieri, C. R. (1991). *Metodología De La Invetigacion*. Mexico: Mcgraw- Hill Interamericana De Mexico, S.A De C.V.