

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL**

**DE INGENIERO CIVIL**

---

**PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN  
PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO, PERÚ**

---

**Línea de Investigación**

***Estructuras y Materiales***

**Autor(es)**

Br. Pastor Huamaní, Luis Manuel

Br. Reyes Narro, Diego Alonso

**Jurado Evaluador**

**Presidente:** Vargas López, Segundo

**Secretario:** Lopez Otiniano, Stewart

**Vocal:** Media Carbajal, Lucio

**Asesor**

Dra. Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar

**Código Orcid:** 0000-0002-6592-6520

**TRUJILLO, PERÚ 2022**

**Fecha de sustentación:** 27/05/2022



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL**

**DE INGENIERO CIVIL**

---

**PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN  
PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO, PERÚ**

---

**Línea de Investigación**

***Estructuras y Materiales***

**Autor(es)**

Br. Pastor Huamaní, Luis Manuel

Br. Reyes Narro, Diego Alonso

**Jurado Evaluador**

**Presidente:** Vargas López, Segundo

**Secretario:** Lopez Otiniano, Stewart

**Vocal:** Media Carbajal, Lucio

**Asesor**

Dra. Ing. Durand Orellana, Rocío del Pilar

**Código Orcid:**

**TRUJILLO, PERÚ 2022**

**Fecha de sustentación:**

## DEDICATORIA

Dedico la presente tesis:

A mis padres, Luis y Hanna, por regalarme la vida y darme educación, el tesoro máspreciado. A mis abuelos, Juan e Inés, por aconsejarme y guiarme en este largo camino. A mi hermana Mariana por darme motivos para ser el mejor ejemplo para ella.

Y finalmente a Dios por darme todo lo anteriormente mencionado. A todos ellos, les dedico esta investigación.

**Br. Luis Manuel Pastor Huamani.**

Dedico esta tesis:

A Dios, por guiarme a seguir el camino correcto, siempre cuidarme en los momentos difíciles y darme las fuerzas necesarias para soportar los golpes que da la vida y sobre todo, salud.

A mis amados padres, Oscar Reyes y Esperanza Narro por apoyarme en mis decisiones que tomo, por educarme, por darme valores que son necesarios para esta etapa en mi vida como profesional, y por siempre confiar en mí.

A mis queridos hermanos, Gian y Fabrizio, por su apoyo, por su querer y por su confianza en mí.

A ustedes los que están desde el principio de mi formación les dedico esta investigación.

**Br. Diego Alonso Reyes Narro.**

## **AGRADECIMIENTO**

Dado el conjunto esfuerzo de los autores y a todas las personas que los apoyaron, se puede presentar con satisfacción esta investigación, por todo lo mencionado, los autores deseamos agradecer:

Para comenzar, a nuestro señor Dios, por darnos la luz para guiarnos y bendecirnos cada día a lo largo de toda nuestra carrera universitaria, sobre todo, por darnos la oportunidad de realizar esta tesis pese a la coyuntura mundial actual.

En sobremanera a nuestra asesora la Doc. Rocío del Pilar Durand Orellana, por guiarnos en nuestra investigación, darnos las correctas recomendaciones y transmitirnos sus conocimientos obtenidos a lo largo de todos sus años como ingeniera.

Con mucho aprecio al Ing. Marcelo Edmundo Merino por brindarnos recomendaciones, críticas constructivas y consejos en base a su experiencia. Muchas gracias ingeniero, de parte de ambos autores, por ser un excelente docente y querer vernos siempre mejor.

Y un especial agradecimiento a todos los docentes de la escuela de ingeniería civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, que nos enseñaron a lo largo de toda nuestra carrera universitaria, porque gracias a ellos podemos estar a un paso de lograr este sueño, ser ingenieros.

## RESUMEN

En esta investigación se realizó el estudio de diferentes mezclas de un concreto permeable con la finalidad de aplicarse en un pavimento rígido en la ciudad de Trujillo, Perú. Para lograr esto, se realizó los ensayos de laboratorio respectivos a los materiales requeridos. Desde el material extraído (agregados) de la cantera “Quebrada el León” hasta los ensayos de laboratorio propios del concreto permeable.

Una vez realizadas las pruebas respectivas a los agregados, se realizó el diseño de mezcla tanto del concreto patrón (concreto convencional con una resistencia de diseño  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ), como del concreto permeable, utilizando la metodología del ACI 211.1 y del ACI 522R-10 respectivamente.

Una vez realizado el diseño de mezcla, se sometió el concreto patrón y las diferentes mezclas de concreto permeable a los diferentes ensayos, sabiendo que un pavimento rígido trabaja a flexión, se sometieron a las pruebas de resistencia a la flexión (con carga a los tercios).

Para finalizar esta investigación, se dan a conocer y se discuten los resultados obtenidos de tal manera de señalar si este tipo de concreto es apto y conveniente para poder aplicarlo en un pavimento rígido.

Realizada esta investigación concluimos que, al analizar los resultados, se aprecia que el porcentaje de vacíos influye en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad de un concreto permeable. Mientras más porcentaje de vacíos tenga este concreto, menor será su resistencia, tanto a la compresión como a la flexión y mayor será su índice de permeabilidad.

Teniendo como referencia investigaciones anteriores en los antecedentes, se nos dio a conocer que el concreto permeable posee una baja resistencia a la compresión y flexión, debido a esto decidimos utilizar el aditivo SIKACEM plastificante con finalidad de alcanzar la resistencia deseada. Una vez realizado los ensayos observamos que la mezcla de concreto permeable 2, alcanzo y supero la resistencia mínima establecida en la norma (ce.010 Pavimentos Urbanos).

## ABSTRACT

In this research, the study of different mixtures of a permeable concrete was carried out with the purpose of being applied in a rigid pavement in the city of Trujillo, Peru. To achieve this, the respective laboratory tests were carried out on the required materials. From the material extracted (aggregates) from the "Quebrada el León" quarry to the laboratory tests of the permeable concrete.

Once the respective tests were performed on the aggregates, the mix design of both the standard concrete (conventional concrete with a design strength  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>) and the pervious concrete was carried out, using the methodology of ACI 211.1 and ACI 522R-10, respectively.

Once the mix design was carried out, the standard concrete and the different pervious concrete mixes were subjected to the different tests, knowing that a rigid pavement works in flexure, they were subjected to flexural strength tests (with load to the thirds).

To conclude this research, the results obtained are presented and discussed in order to indicate if this type of concrete is suitable and convenient to be applied in a rigid pavement.

After this research, we conclude that, when analyzing the results, it can be seen that the percentage of voids influences the compressive strength, flexural strength and permeability of a permeable concrete. The higher the percentage of voids in this concrete, the lower its compressive and flexural strength and the higher its permeability index.

Having as reference previous research in the background, we learned that permeable concrete has a low compressive and flexural strength, so we decided to use the plasticizing SIKACEM admixture in order to achieve the desired strength. Once the tests were carried out, we observed that the mixture of pervious concrete 2, reached and surpassed the minimum resistance established in the norm (ce.010 Urban Pavements).

## **PRESENTACIÓN**

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “Propiedades físicas de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido en Trujillo, Perú”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen.

Con esta oportunidad y con su venia, suscribimos ante ustedes.

Atentamente,

Br. Pastor Huamani, Luis Manuel

Br. Reyes Narro, Diego Alonso

Trujillo, Marzo 2022



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN:</b> .....	1
<b>1.1. Problema de investigación:</b> .....	1
<b>1.1.1. Realidad Problemática:</b> .....	1
<b>1.1.2. Enunciado del problema</b> .....	2
<b>1.2. Objetivos:</b> .....	2
<b>1.2.1. Objetivo General:</b> .....	2
<b>1.2.2. Objetivos Específicos:</b> .....	2
<b>1.3. Justificación del estudio</b> .....	3
<b>II. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	4
<b>2.1. Antecedentes del estudio</b> .....	4
<b>2.2. Marco Teórico</b> .....	14
<b>2.2.1. Pavimentos Permeables</b> .....	14
<b>2.2.2. Concreto Permeable:</b> .....	14
<b>2.2.3. Propiedades:</b> .....	15
<b>2.2.3.1. Resistencia a la compresión:</b> .....	15
<b>2.2.3.2. Resistencia a la flexión:</b> .....	17
<b>2.2.3.3. Contenido de vacíos / densidad:</b> .....	20
<b>2.2.3.4. Tasa de filtración:</b> .....	21
<b>2.2.4. Pruebas de laboratorio:</b> .....	23
<b>2.2.4.1. Prueba de contenido de aire:</b> .....	23
<b>2.2.4.2. Prueba de resistencia a la flexión:</b> .....	23
<b>2.2.4.3. Prueba de resistencia a la compresión:</b> .....	23
<b>2.2.4.4. Prueba de permabilidad:</b> .....	23
<b>2.3. Marco Conceptual</b> .....	25
<b>2.3.1. CONCRETO</b> .....	25
<b>2.3.2. PERMEABILIDAD</b> .....	25
<b>2.3.3. POROSIDAD</b> .....	25
<b>2.3.4. CONCRETO PERMEABLE</b> .....	25

2.3.5.	PAVIMENTO PERMEABLE .....	25
2.3.6.	PORCENTAJE DE VACÍOS .....	26
2.3.7.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	26
2.3.8.	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN .....	26
2.3.9.	AGREGADO .....	26
2.3.10.	AGREGADO GRUESO .....	26
2.3.11.	AGREGADO FINO .....	26
2.3.12.	CEMENTO .....	26
2.3.13.	CEMENTO PORTLAND .....	26
2.3.14.	ADITIVO .....	27
2.3.15.	ADITIVO SIKACEM PLASTIFICANTE .....	27
2.4.	<b>Hipótesis:</b> .....	27
2.4.1.	Variables .....	27
2.4.1.1.	Variable independiente .....	27
2.4.1.2.	Variable dependiente .....	27
2.4.1.3.	Operacionalización de variables .....	29
III.	<b>METODOLOGÍA EMPLEADA</b> .....	29
3.1.	<b>Tipo y nivel de investigación</b> .....	29
3.1.1.	Tipo de investigación .....	29
3.1.2.	Nivel de investigación .....	29
3.2.	<b>Población y muestra de estudio</b> .....	29
3.2.1.	Población .....	29
3.2.2.	Muestra .....	29
3.3.	<b>Diseño de Investigación</b> .....	30
3.4.	<b>Técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	31
3.4.1.	Técnicas .....	31
3.4.2.	Instrumentos .....	31
3.4.2.1.	Ensayos realizados a los agregados: .....	31
3.4.2.2.	Ensayos para el concreto en estado fresco .....	32
3.4.2.3.	Ensayos para el concreto en estado endurecido .....	32
3.5.	<b>Procesamiento y análisis de datos</b> .....	32
3.5.1.	Recolección de Materiales .....	32
3.5.2.	Ensayos de Laboratorio a los Agregados .....	34
3.5.2.1.	Análisis Granulométrico (400.012) .....	34
3.5.2.1.1.	Descripción .....	34

3.5.2.1.2. Materiales.....	34
3.5.2.1.3. Procedimiento.....	34
3.5.2.1.4. Limites Granulométricos .....	36
<b>3.5.2.2. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021).....</b>	<b>37</b>
3.5.2.2.1. Descripción.....	37
3.5.2.2.2. Materiales.....	38
3.5.2.2.3. Procedimiento.....	38
<b>3.5.2.3. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022).....</b>	<b>40</b>
3.5.2.3.1. Descripción.....	40
3.5.2.3.2. Materiales.....	40
3.5.2.3.3. Procedimiento.....	40
<b>3.5.2.4. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017) 43</b>	
3.5.2.4.1. Descripción.....	43
3.5.2.4.2. Materiales:.....	43
3.5.2.4.3. Procedimiento:.....	43
3.5.2.4.4. Tamaño de recipiente según tamaño máximo del agregado... 44	
<b>3.5.2.5. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185).....</b>	<b>47</b>
3.5.2.5.1. Descripción.....	47
3.5.2.5.2. Materiales.....	47
3.5.2.5.3. Procedimiento.....	47
3.5.2.5.4. Tamaño de muestra según el tamaño máximo del agregado.. 48	
<b>3.5.3. Diseño de mezcla .....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.3.1. Diseño de mezcla del concreto patrón .....</b>	<b>49</b>
3.5.3.1.1. Datos para el diseño de mezcla del concreto patrón .....	49
3.5.3.1.2. Procedimiento para el diseño de mezcla del concreto patrón .	50
3.5.3.1.3. Pasos para el diseño de mezcla.....	51
<b>3.5.3.2. Diseño de los 2 tipos de mezcla del concreto permeable .....</b>	<b>56</b>
3.5.3.2.1. Procedimiento para el diseño de mezcla del concreto permeable .....	56
<b>3.5.4. Ensayos para el concreto en estado fresco .....</b>	<b>63</b>
<b>3.5.4.1. Asentamiento (NTP 339.035).....</b>	<b>63</b>
3.5.4.1.1. Descripción.....	63

3.5.4.1.2. Materiales.....	63
3.5.4.1.3. Procedimiento.....	63
<b>3.5.4.2. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión (NTP 339.080)</b> .....	66
3.5.4.2.1. Descripción.....	66
3.5.4.2.2. Materiales.....	66
3.5.4.2.3. Procedimiento.....	66
<b>3.5.5. Ensayos para el concreto en estado endurecido</b> .....	68
<b>3.5.5.1. Permeabilidad</b> .....	68
3.5.5.1.1. Descripción:.....	68
3.5.5.1.2. Materiales.....	68
3.5.5.1.3. Procedimiento.....	68
<b>3.5.5.2. Elaboración de probetas de concreto</b> .....	70
3.5.5.2.1. Descripción.....	70
3.5.5.2.2. Materiales.....	70
3.5.5.2.3. Procedimiento.....	72
<b>3.5.5.3. Ensayo de resistencia a la compresión</b> .....	76
3.5.5.3.1. Descripción.....	76
3.5.5.3.2. Materiales.....	76
3.5.5.3.3. Procedimiento.....	76
<b>3.5.5.4. Ensayo de resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas</b> .....	78
3.5.5.4.1. Descripción.....	78
3.5.5.4.2. Materiales.....	78
3.5.5.4.3. Procedimiento.....	78
3.5.5.4.4. Cálculos.....	78
<b>IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	80
<b>4.1. Análisis e interpretación de resultados</b> .....	80
<b>4.1.1. Análisis granulométrico</b> .....	80
<b>4.1.1.1. Agregado grueso</b> .....	80
<b>4.1.1.2. Agregado Fino</b> .....	82
<b>4.1.2. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021)</b> .....	84
<b>4.1.3. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022)</b> .....	86

4.1.4.	Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017).....	88
4.1.5.	Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185) .....	91
4.1.6.	Diseño de mezcla .....	93
4.1.6.1.	Diseño de mezcla del concreto patrón .....	93
4.1.6.2.	Diseño de mezcla del concreto permeable .....	98
4.1.7.	Ensayos para el concreto en estado fresco .....	106
4.1.7.1.	Asentamiento .....	106
4.1.7.2.	Ensayo de contenido de aire en concreto fresco .....	109
4.1.8.	Ensayos para el concreto en estado endurecido .....	110
4.1.8.1.	Permeabilidad .....	110
4.1.8.2.	Resistencia a la compresión .....	111
4.1.8.3.	Resistencia a la Flexión .....	116
4.2.	<b>Docimasia de hipótesis</b> .....	118
V.	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	119
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	122
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	124
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	125
	<b>ANEXOS</b> .....	131

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de Variables.....	28
<b>Tabla 2:</b> Cantidad de Muestras de Concreto .....	300
<b>Tabla 3:</b> Límites granulométricos para el agregado fino .....	366
<b>Tabla 4:</b> Requisitos Granulométricos del Agregado Grueso .....	447
<b>Tabla 5:</b> Capacidad de la Medida .....	484
<b>Tabla 6:</b> Tamaño de la Muestra del Agregado.....	518
<b>Tabla 7:</b> Datos para el Diseño de Mezcla .....	5251
<b>Tabla 8:</b> Elección del Asentamiento (Slump) .....	522
<b>Tabla 9:</b> Estimación del % de Aire Atrapado del Concreto .....	532
<b>Tabla 10:</b> Volumen de Agua de Mezclado .....	543
<b>Tabla 11:</b> Relación agua/cemento y Resistencia a la compresión del Concreto.....	544
<b>Tabla 12:</b> Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas .....	554
<b>Tabla 13:</b> Volumen del agregado Grueso por unidad de Volumen de Concreto.....	565
<b>Tabla 14:</b> Características del Agua y Cemento para el Diseño de mezcla del Concreto Permeable.....	586
<b>Tabla 15:</b> Relaciones de b/b <sub>0</sub> respecto al porcentaje de Agregado Fino y el número de Huso del Agregado Grueso .....	658
<b>Tabla 16:</b> Consistencia del Concreto en función al Asentamiento .....	705
<b>Tabla 17:</b> Características de la Varilla Compactadora.....	800
<b>Tabla 18:</b> Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	810
<b>Tabla 19:</b> Límites Granulométricos para el Agregado Grueso .....	821
<b>Tabla 20:</b> Resultados del Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	8382
<b>Tabla 21:</b> Límites Granulométricos para el Agregado Fino.....	8583
<b>Tabla 22:</b> Resultados de ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso .....	875
<b>Tabla 23:</b> Resultados de ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino .....	937
<b>Tabla 24:</b> Resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino .....	89
<b>Tabla 25:</b> Resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso .....	950

<b>Tabla 26:</b> Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino .....	9891
<b>Tabla 27:</b> Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso .....	1032
<b>Tabla 28:</b> Datos para el diseño de mezcla del concreto patrón; <b>Error! Marcador no definido.3</b>	
<b>Tabla 29:</b> Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) .....	1063
<b>Tabla 30:</b> Estimación del peso del concreto según el TMN del agregado grueso .....	1095
<b>Tabla 31:</b> Datos requeridos para el diseño de mezcla n°2 “concreto permeable 1” .....	1108
<b>Tabla 32:</b> Datos requeridos para el diseño de mezcla n°3 “concreto permeable 2” .....	1113
<b>Tabla 33:</b> Dosificación de los 2 tipos de diseño de mezcla del concreto permeable .....	1164
<b>Tabla 34:</b> Cantidad de material de los 3 diseños de mezcla por m <sup>3</sup> .....	98105
<b>Tabla 35:</b> Resultados de las pruebas de SLUMP .....	98106
<b>Tabla 36:</b> Resultados del ensayo de contenido de vacíos .....	98109
<b>Tabla 37:</b> Resultados de la prueba de permeabilidad.....	98110
<b>Tabla 38:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Concreto patrón .....	98111
<b>Tabla 39:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño 2 Concreto permeable 1 .....	98113
<b>Tabla 40:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – Diseño 3 Concreto permeable 2.....	98114
<b>Tabla 41:</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión promedio de todos los diseños de mezcla .....	98115
<b>Tabla 42:</b> Resistencia a la flexión .....	98116

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Relación entre la fuerza a la compresión y el contenido de aire para el concreto permeable (Meininge 1988) (1psi=0.006895 MPa).....	16
<b>Figura 2:</b> Relación entre fuerza a la compresión y peso unitario para concreto permeable (Mulligan 2005) (1psi=0.006895 MPa; 1 lb/ft <sup>3</sup> = 16.02 kg/m <sup>3</sup> ).....	16
<b>Figura 3:</b> Relación entre resistencia a la flexión y contenido de aire para concreto permeable (Meininge, 1988).....	18
<b>Figura 4:</b> Relación entre la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión para concreto permeable (Meininge, 1988).....	18
<b>Figura 5:</b> Relación entre porosidad y la resistencia a la flexión para concreto permeable. (Meininge, 1988).....	19
<b>Figura 6:</b> Influencia del tamaño del agregado en el tamaño de poro de las mezclas de concreto permeable de un solo tamaño. ....	21
<b>Figura 7:</b> Relación entre tasa de percolación y el contenido de aire para concreto permeable (Meininge 1988) (1 psi= 0.06895 MPa) .....	22
<b>Figura 8:</b> Ingreso a Cantera.....	333
<b>Figura 9:</b> Recolección de Agregados .....	333
<b>Figura 10:</b> Análisis granulométrico .....	366
<b>Figura 11:</b> Agregado Grueso en Balanza Hidrostática .....	39
<b>Figura 12:</b> Agregado fino en fiola .....	422
<b>Figura 13:</b> Peso Unitario Agregado Fino .....	595
<b>Figura 14:</b> Peso Unitario Agregado Fino – Peso en Balanza .....	645
<b>Figura 15:</b> Peso Unitario Agregado Grueso.....	¡Error! Marcador no definido.6
<b>Figura 16:</b> Compactación del Agregado Grueso .....	666
<b>Figura 17:</b> Agregado en Horno .....	6948
<b>Figura 18:</b> Agregados Grueso y Fino sacados del Horno.....	7149
<b>Figura 19:</b> Relación del Contenido de Vacíos vs Contenido de Pasta de Cemento en Porcentaje por Volumen .....	59
<b>Figura 20:</b> Asentamiento del Concreto Permeable usando el cono de Abrams .	734
<b>Figura 21:</b> Asentamiento del Concreto Patrón usando el Cono de Abrams .....	745



<b>Figura 22:</b> Olla de Washington para Contenido de Aire .....	67
<b>Figura 23:</b> Vertiendo Concreto en Olla de Washington .....	67
<b>Figura 24:</b> Permeámetro de Carga Variable.....	69
<b>Figura 25:</b> Dimensiones del Molde de Probetas Cilíndricas .....	71
<b>Figura 26:</b> Moldes para Probetas Cilíndricas.....	71
<b>Figura 27:</b> Moldes de Vigas .....	72
<b>Figura 28:</b> Probetas de Concreto Finalizadas .....	73
<b>Figura 29:</b> Curado de las probetas de Concreto.....	74
<b>Figura 30:</b> Curado de las Vigas de Concreto.....	75
<b>Figura 31:</b> Probeta de Concreto Permeable en la Prensa Hidráulica.....	77
<b>Figura 32:</b> Probeta de Concreto Patrón en la Prensa Hidráulica.....	77
<b>Figura 33:</b> Viga en Prensa Hidráulica para Flexión .....	79
<b>Figura 34:</b> Rotura de Viga de Concreto Patrón - Permeable.....	79
<b>Figura 35:</b> Curva Granulométrica del Agregado Grueso .....	81
<b>Figura 36:</b> Curva Granulométrica del Agregado Fino .....	83
<b>Figura 37:</b> Filtración vs Contenido de Vacíos .....	102
<b>Figura 38:</b> Asentamiento de Concreto Permeable – Diseño de Mezcla 2 .....	107
<b>Figura 39:</b> Asentamiento de Concreto Permeable – Diseño de Mezcla 3 .....	107
<b>Figura 40:</b> Asentamiento Concreto Patrón .....	108
<b>Figura 41:</b> Gráfico del Ensayo de Permeabilidad .....	110
<b>Figura 42:</b> Gráfico de Resistencia a la compresión concreto patrón .....	112
<b>Figura 43:</b> Gráfico de Resistencia a la compresión diseño n°2 – concreto permeable 1 .....	113
<b>Figura 44:</b> Gráfico de Resistencia a la compresión diseño n°3 – concreto permeable 2 .....	114
<b>Figura 45:</b> Gráfico de los resultados del Ensayo de Resistencia a la compresión promedio de todos los diseños de mezcla.....	115
<b>Figura 46:</b> Gráfico de los resultados del Ensayo de Resistencia a la flexión de todos los diseños de mezcla .....	117

## **I. INTRODUCCIÓN:**

### **1.1. Problema de investigación:**

#### **1.1.1. Realidad Problemática:**

Según Flores y Pacompia (2015) citado en Bautista (2018) “señala que durante la ocurrencia del Fenómeno de El Niño de 1997-1998, las ciudades del norte del Perú, como la ciudad de Trujillo, quedaron inundadas debido al mal diseño de sistemas de drenaje pluvial o a la inexistencia de estos. En el Perú, la tecnología del concreto permeable no está implementada para la solución de problemas que tienen que ver con la evacuación de aguas pluviales; a comparación de otros países tales como: Colombia, Chile y México, donde realizan estudios para su inclusión en la infraestructura vial” (p. 2).

Como se ha dicho anteriormente, el concreto permeable y sus aplicaciones no son muy estudiados en nuestro País y esto lo podemos ver reflejado en la poca cantidad de investigación que existe sobre este tema.

La aplicación de este material en la rama de transportes no se ve plasmada en ninguna norma vigente, como la norma CE. 010 nos señala que: “los pavimentos más utilizados en nuestro país son: pavimentos flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados” (2010, p. 30).

Las aplicaciones de un concreto permeable en un pavimento rígido son básicamente en zonas de bajo tránsito, lo cual lo transmiten diferentes autores como Sharma (como citaron Hernández y Martínez, 2014) nos dice: “Sus aplicaciones se limitan a vías de bajo tráfico, ciclovías, senderos peatonales, zonas residenciales e industriales y centros comerciales”.

Al querer realizar una implementación del concreto permeable en los pavimentos rígidos con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, debemos conocer las más importantes variables que si se alteran o modifican, afectan el comportamiento del concreto permeable para así

estudiarlas, estas son la resistencia a la flexión, porcentaje de vacíos, permeabilidad y la utilización de aditivos en las mezclas.

Giraldo (2006) Recalcando también que no se conoce una relación fija entre los materiales a utilizar para la realización de este tipo de concreto, a diferencia del concreto convencional ya que para este sí existe dosificaciones exactas para alcanzar la resistencia deseada.

Por lo cual, es necesario dar a conocer la dosificación de este tipo de concreto que realizaremos teniendo en cuenta el uso de agregados, aditivos y agua para poder así tener una dosificación aproximada del concreto que realizaremos.

### **1.1.2. Enunciado del problema**

¿Cuál será la relación entre las propiedades físicas de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido?

## **1.2. Objetivos:**

### **1.2.1. Objetivo General:**

Analizar la relación entre las propiedades físicas (porcentaje de vacíos, permeabilidad y resistencia a la flexión) de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido.

### **1.2.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar las características del agregado fino y grueso mediante las Normas Técnicas Peruanas vigentes.
- Elaborar dos diseños de mezclas del concreto permeable, variando el porcentaje vacíos entre el 15 y 25 % cambiando la cantidad de agregado fino y añadiendo un aditivo, SIKACEM plastificante (anexo 1), con la finalidad de llegar a la resistencia deseada de 280 kg/cm<sup>2</sup>, basándonos en las normas del ACI 522R-10 y ACI 211.1.
- Determinar la resistencia a la flexión del concreto según la NTP 339.078. A su vez, determinar la resistencia a la compresión del concreto según lo especificado en la norma NTP 339.034

- Determinar el porcentaje de vacíos del concreto permeable a partir de la NTP 339.080.
- Determinar la permeabilidad del concreto a partir de lo estipulado en la norma ACI 522R-10.

### **1.3. Justificación del estudio**

Investigando y realizando una búsqueda preliminar en fuentes bibliográficas y normas como lo son la CE. 010 y ACI 211.1, y consultando con especialistas en el tema, hemos podido deducir que existe muy poca investigación del concreto permeable y su aplicación en pavimentos en no solo en la ciudad de Trujillo, sino en todo el Perú.

Debido a esto, no se conoce una dosificación exacta para una resistencia deseada originando así diferentes tipos de fallas relacionadas con la proporción de materiales utilizados en la mezcla

Añadiendo además que este material, al ser permeable, deja filtrar el agua a través de si haciendo que los pavimentos en donde se aplique sean muy poco afectados por las precipitaciones mejorando así su tiempo de vida útil.

Basándonos en esta realidad, optamos por realizar un estudio experimental sobre el concreto permeable, es decir conocer las propiedades físicas de este concreto como son el porcentaje de vacíos, resistencia a la flexión y permeabilidad para así poder obtener una correcta dosificación para su implementación en un pavimento rígido en proyectos de infraestructura vial, situándolo como una alternativa de solución a los problemas ya mencionados.

Beneficiando de esta manera a los profesionales de la construcción dedicados a la rama de transportes y materiales y a los investigadores de este material dándoles a conocer las características de este tipo de concreto.

Recalcando también que aplicaremos los conocimientos de pavimentos y materiales aprendidos a lo largo de la carrera para poder llevar a cabo con éxito este trabajo de investigación.

## II. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. Antecedentes del estudio

- Meneses y Páez (2017) en su investigación “*MEZCLA ASFÁLTICA PERMEABLE COMO PARTE DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO A PARTIR DEL USO Y MODIFICACIÓN DE UNA MEZCLA DRENANTE APLICADO A VÍAS RURALES*”, se evaluó la incógnita de adecuar una mezcla asfáltica permeable a la estructura de un pavimento flexible haciendo uso de ensayos experimentales con la finalidad de mejorar su resistencia, para lo cual realizó diferentes pruebas de laboratorio con la finalidad de obtener las características mecánicas y físicas de una mezcla drenante convencional para posteriormente diseñar dos tipos de modificaciones a la misma, una mezcla modificadas con aditivo Zycotherm y con la otra con granulometría Bailey, para obtener así, una mezcla permeable resistente y con propiedades drenantes. La investigación llegó a los siguientes resultados:

- La estabilidad de las mezclas permeables modificadas fue mejorada entre un 40% y 50% con respecto a la mezcla de control.
- La granulometría por el método bailey fue la que obtuvo resultados más favorables en cuanto a esta variable, sin embargo, el acomodamiento de partículas que se realiza con este método, a pesar de que redujo los vacíos de la mezcla en un 15%, no afectó la capacidad de drenaje, toda vez que cumplió con la prueba de permeabilidad.

Lo resaltante de este trabajo de investigación que nos ayudó en el proyecto a realizar es la variación en el diseño del concreto permeable si se añade diferentes aditivos, se puede mejorar su resistencia sin afectar su permeabilidad, obteniendo así una resistencia deseada.

- Moujir y Castañeda (2014) presentó una investigación denominada “*DISEÑO Y APLICACIÓN DE CONCRETO POROSO PARA PAVIMENTOS*”, en la que el autor establece crear un concreto poroso para poder aplicarlo en un pavimento rígido, y para esto realizó diseños de mezcla evaluando si la presencia o no de agregado fino influenciaría en los resultados finales. Se estableció un método, para el diseño de mezclas, que esté en función de la relación agua/cemento y el porcentaje de vacíos. Se obtuvo lo siguiente:
  - En el ensayo de porosidad se aprecia que la mezcla tipo II sin finos es más porosa en aproximadamente un 16% que la mezcla tipo I.
  - Para el ensayo de Resistencia a compresión, se esperaba una resistencia de  $f'c = 21\text{MPa}$ , a los siete días el concreto tipo I alcanza aproximadamente el 62%.

Con estos resultados se puede observar el concreto en estudio con la mezcla tipo I, la cual posee finos, presenta un adecuado comportamiento y que, debido a esto, la resistencia obtenida se adecúa a las necesarias para aplicarlo en un pavimento. Para el concreto poroso con la mezcla tipo II, la cual no presenta finos, se esperaba una resistencia de  $f'c = 21\text{MPa}$ , a los 7 días la mezcla tipo II aproximadamente alcanzó un 57% y alcanzó el 100% a los 28 días. En cuanto al análisis de precios, se puede deducir que los concretos permeables son soluciones económicamente viables.

El aporte hacia nuestra investigación son los diferentes diseños de mezcla variando el porcentaje de vacíos de estas entre el 15% al 35 %, basándose en la norma ACI 522-R.

- Hernández y Martínez (2014) en la investigación “*DISEÑO DE UN CAMPO DE PRUEBA PILOTO DE PAVIMENTOS PERMEABLES EN LA CIUDAD DE CARTAGENA*”, determinaron que con la ayuda de un campo de pruebas piloto realizarían el correcto diseño de un pavimento rígido el cual presente las adecuadas propiedades para que se aplique en la ciudad de Cartagena, teniendo en cuenta que en esta zona existe la abundante presencia de precipitaciones. Se dividió en 2 etapas, la primera consiste en la recolección de datos de fuentes tales como revistas, artículos, manuales, etc. Y la segunda consiste en la realización práctica de este campo piloto apoyándose de la información recolectada. La investigación llegó a los siguientes resultados:

- Lo que se obtuvo luego de realizar los estudios fueron los espesores de losa, volúmenes de agua a retener, espesores de la capa base y por último las dimensiones del campo de prueba piloto.
- Se tuvo en cuenta la porosidad, la tasa de infiltración, la resistencia, entre otras características, de cada material para realizar sus análisis respectivos

El aporte que nos ofrece esta investigación es el procedimiento realizado para la caracterización respectiva de cada material utilizado para un concreto poroso.

- Redondo y Zúñiga (2016) en su investigación “*PRINCIPALES VARIABLES PARA EL DISEÑO Y LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTOS PERMEABLES PARA SU CONTROL EN ORIGEN DE LA ESCORRENTÍA URBANA*”, se propuso dar detalle de la aplicación de pavimentos permeables en la zona norte de Colombia con la finalidad de presentarlos como alternativa de solución para el problema de las constantes precipitaciones presentes en esta zona de Colombia, para lo cual desarrolló el análisis del pavimento asfáltico permeable y su aplicación. Se obtuvo lo siguiente:
  - El espesor de la capa a utilizar basándose en los análisis realizados en la presente investigación, con la ayuda de publicaciones y manuales.

El principal aporte de este trabajo, que a su vez nos ayudó a desarrollar nuestra investigación, fue conocer las principales variables estructurales del concreto permeable que son porcentaje de vacíos, tamaño máximo del agregado, rugosidad o forma del agregado grueso y relación agua/cemento (a/c)



- Bautista (2018) en su investigación “*DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE PARA LA EVACUACIÓN DE AGUA PLUVIALES SEGÚN LA NORMA ACI 522R-10*”, se propuso elaborar el diseño de un pavimento rígido guiándose de la norma planteada por el ACI 522R-10, para lo cual se realizaron diferentes ensayos de laboratorio de varios tipos de mezcla de concreto permeable y con los resultados generados, se realiza el respectivo análisis. La investigación llegó a los siguientes resultados:
  - En los diseños de mezcla sin presencia de fino, se aprecia la poca resistencia.
  - Según la norma C.E 010 “Pavimentos Urbanos”, el mínimo requerido para un pavimento rígido es de  $MR = 34 \text{ kg/cm}^2$ , basándose en esto, la única mezcla que aprobaría sería la N°5 la cual presenta una resistencia de  $45.07 \text{ kg/cm}^2$

El principal aporte al trabajo de investigación fueron las metodologías realizadas para el análisis de los resultados que se obtuvieron a partir de las pruebas y ensayos de laboratorio aplicados a las muestras de concreto luego de haber pasado los 28 días de curado.

- Falcon y Santos (2016) con su investigación: “*DISEÑO DE UN PAVIMENTO RÍGIDO PERMEABLE CON AGREGADOS DE LA CANTERA CHULLQUI, PARA EL DRENAJE URBANO EN ESTACIONAMIENTOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO*” propusieron diseñar un pavimento rígido y a su vez permeable a base de los agregados obtenidos de la cantera “CHULLQUI” el cual sería aplicado para drenaje en algunos parqueaderos en la ciudad de Huánuco. La investigación llegó a los siguientes resultados:
  - Se obtuvo una muestra con un 15% de porcentaje de vacíos la cual sería la mejor para aplicarla en un estacionamiento de la ciudad de Huánuco.
  - Analizando las mezclas, se puede deducir que la cantidad de vacíos del concreto permeable depende de tres factores los cuales son el coeficiente de uniformidad del agregado, superficie del agregado y esfuerzo de compactación.

El principal aporte para nuestra investigación fue conocer el procedimiento para realizar los diferentes ensayos para los agregados, así como también la elaboración de las diferentes mezclas de concreto permeable.

- Chaiña y Villanueva (2017) con el trabajo de investigación “*DISEÑO DE CONCRETO PERMEABLE, PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS, UTILIZANDO PIEDRA HUSO 67 Y ARENA GRUESA DE LA CANTERA LA PODEROSA, PARA LA CIUDAD DE AREQUIPA*” propusieron elaborar un concreto permeable con la finalidad de aplicarlo en un pavimento rígido comparando, mediante diferentes mezclas, la aplicación o no de agregado fino. Para lo cual se desarrollaron diferente diseño de mezcla luego de realizar ensayos a los agregados a utilizar, realizando en si una investigación experimental. La investigación llegó a los siguientes resultados:
  - La importancia del agregado fino viene de la mano con la adherencia del agregado grueso con la pasta de cemento ya que este agregado hace posible esta adherencia.
  - Se trabajó con un porcentaje de vacíos igual al 10% con la finalidad de brindar la máxima resistencia posible al concreto permeable.
  - La norma del ACI 522R-10 establece que para que un concreto sea considerado permeable, tiene que poseer un índice de permeabilidad entre los valores de 1.4 y 12.2 mm/s corroborando así que las mezclas realizadas en esta investigación son catalogadas como mezclas de concreto permeable.

El principal aporte para nuestra investigación fue conocer la metodología para poder realizar los diferentes diseños de mezcla y los ensayos realizados para obtener los resultados.

- Hurtado y Valdivieso (2019) en su investigación “*PLAN PARA LA EVACUACIÓN DE PRECIPITACIONES PLUVIALES, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE EN EL A.H. LAGUNA AZUL – PIURA*” se propuso aplicar concreto permeable en el A.H. Laguna Azul en Piura con la finalidad de generar un plan de evacuación de las precipitaciones. Para lo cual desarrolló una investigación cuasiexperimental, aplicada y sincrónica ya que se desarrollaron probetas para analizarlas. La investigación llegó a los siguientes resultados:
  - El concreto permeable realizado con la mezcla N°3 alcanzó los siguientes resultados: propiedades físicas, trabajabilidad y cohesión, fueron adecuadas, el slump fue 0”, no presentó segregación, el porcentaje de vacíos en estado fresco fue 21.30 % y el peso unitario fue 1987.1 kg/cm<sup>3</sup>.
  - El diseño de mezclas idóneo que alcanzó una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, fue el diseño de mezclas N°03, el cual tuvo la siguiente dosificación por m<sup>3</sup>: 404.52 kg de cemento, 1 393.19 kg de agregado grueso, 150.36 kg de agregado fino, 142.03 lt de agua y 2.83 kg de Aditivo Viscocrete 3330. Este concreto tuvo las siguientes características de diseño, relación a/c, 0.35, porcentaje de vacíos de diseño, 15 %, volumen de la pasta, 27 %.

El principal aporte para nuestra investigación fue conocer la metodología de realización de las probetas de concreto para que puedan ser analizadas posteriormente y la variación de su resistencia a la compresión de acuerdo a los diferentes diseños de mezcla.

- Ore y Portillo (2019) en su investigación “*PROPUESTA DE DISEÑO DE MEZCLA PARA UN CONCRETO PERMEABLE DE F’C= 175 KG/CM2 EN VEREDAS*” se propuso diferentes diseños de mezcla de concreto permeable con la finalidad de eliminar la presencia de escorrentía superficial en veredas. La investigación llegó a los siguientes resultados:
  - Los resultados obtenidos mediante los ensayos de laboratorio realizadas en este trabajo de investigación de concreto permeable diseñadas con un porcentaje de vacío del 15% permiten concluir que no todos los diseños cumplen con las propiedades mecánicas requeridas según la norma CE-010 de pavimentos urbanos, pero si cumplen con la permeabilidad necesaria para las intensidades de lluvias máximas planteadas en la zona del prototipo.
  - El peso volumétrico de los diseños de mezcla que presentan un 15% de vacíos resultó con una media de 1907.43 kg/cm<sup>3</sup> con un rango de 1838.83 a 1965.47 kg/m<sup>3</sup>, quedando dentro del rango esperado para pesos volumétricos de concreto permeable (1600 a 2000 kg/m<sup>3</sup>)

El principal aporte de esta investigación a nuestro proyecto fue conocer el correcto proceso constructivo y las pruebas a realizar como la prueba de resistencia a la compresión y la prueba de permeabilidad al prototipo de estudio.

- Córdova (2016) en su investigación “*DETERMINACIÓN DEL GRADO DE PERMEABILIDAD Y EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COLMATACIÓN, HACIENDO USO DE ADITIVOS DE LAS MARCAS SIKA Y EUCO PARA LA FABRICACIÓN DE CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA*”, se propuso elaborar el diseño de un concreto permeable con el objetivo de conocer su índice de permeabilidad y de la resistencia a la colmatación de finos, para lo cual se desarrolló diferentes pruebas de laboratorio a las 593 muestras de concreto permeable realizadas para esta investigación. Se llegó a los siguientes resultados:
  - El mayor índice de permeabilidad de todas las mezclas de concreto permeable estudiadas fue de 31.94 mm/2 perteneciente a la mezcla nº4.
  - El mayor índice de permeabilidad de las mezclas de concreto poroso fue de 2.33 mm/s pertenecientes a la mezcla nº5.

El aporte principal a nuestro trabajo de investigación fue la utilización de aditivos en diferentes diseños de mezcla para mejorar la resistencia a la colmatación de los especímenes en estudio.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. Pavimentos Permeables**

Scholz & Grabowiecki (como citaron Trujillo y Quiroz, 2013) nos dicen que entre los más resaltantes usos de los pavimentos realizados con concreto permeable son el acceso vehicular, estabilización de taludes, campos deportivos, entre otros.

Greenroads Manual v15 nos dice que: “Entre sus principales beneficios encontramos la reducción la contaminación del agua, restaurar el hábitat e Incrementa la estética” (2011, p. 441).

Para conocer las capas de un pavimento permeable, tenemos: “Consiste básicamente en una mezcla especial de hormigón de alta porosidad y una subbase que requiere una granulometría especial que la hace también permeable, este pavimento utiliza similares materias primas que las tradicionales para un pavimento de hormigón” (Hernández y Martínez, 2014, p.20).

### **2.2.2. Concreto Permeable:**

El término “concreto permeable” hace referencia a un material abierto y permeable con revenimiento cero, fabricado con agregado grueso, cemento portland, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos materiales da como resultado un material en estado endurecido con poros que varían entre 0.2 a 0.8 centímetros de diámetro que permiten el paso libre y fácil del agua. El contenido de vacíos se encuentra entre el rango del 15 al 35% con una resistencia a la compresión típica entre 2.8 a 28 Mpa. El rango de drenaje del concreto poroso varía dependiendo del 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>. (ACI 522R-10, 2010, p. 3)

### **2.2.3. Propiedades:**

De acuerdo a Ghafoori (1995) citado en ACI 522R-10 (2010) “las diversas propiedades del hormigón permeable dependen principalmente de su porosidad (contenido de vacío de aire), que a su vez depende del contenido cementoso, nivel de compactación y gradación y calidad del agregado. Los tamaños de poro en el material también afectan las propiedades de resistencia” (p.9).

#### **2.2.3.1. Resistencia a la compresión:**

Meininger (como citó en ACI 522R-10, 2010) informa que La figura 1. Presenta la relación entre la resistencia a la compresión y el % de aire.

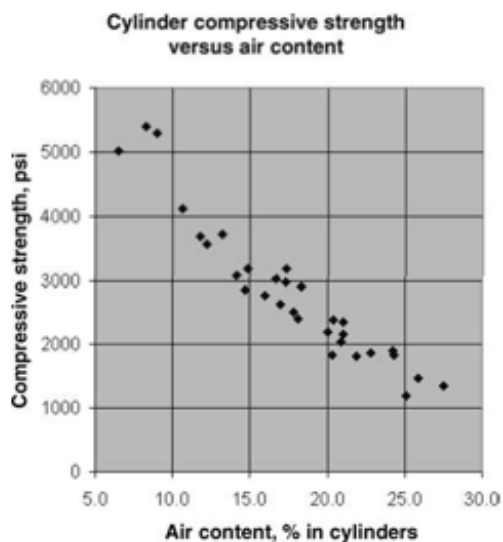
ACI 522R-10 afirma: “La figura 1 se basa en una serie de pruebas de laboratorio en las que se utilizaron dos tamaños de agregados grueso y se variación el esfuerzo de compactación y la gradación del agregado” (2010, p. 9).



**Figura 1:**

*Relación entre la fuerza a la compresión y el contenido de aire para concreto permeable (Meininge 1988)*

*(1psi=0.006895 MPa)*

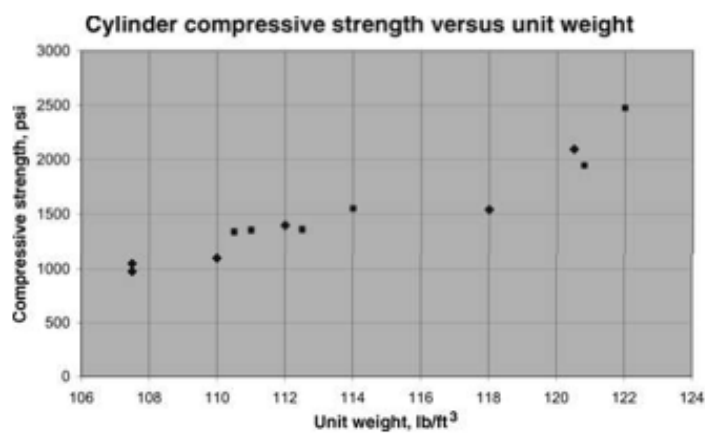


**Fuente:** ACI 522R-10

**Figura 2:**

*Relación entre fuerza a la compresión y peso unitario para concreto permeable (Mulligan 2005) (1psi=0.006895 MPa;*

*1 lb/ft<sup>3</sup> = 16.02 kg/m<sup>3</sup>).*



**Fuente:** ACI 522R-10

Suleiman (como citó en ACI 522R-10, 2010) nos dice que la figura 2 muestra la relación entre la resistencia a la compresión y el peso unitario del concreto permeable. Recalcando que esta figura está basada en una tanda de pruebas similar a las utilizadas para la realización de la figura 1. Nos damos cuenta que en la figura 1 el hormigón arroja una resistencia significativamente mayor, pero se reduce su permeabilidad esto a consecuencia de la reducción del porcentaje de vacíos. Esto último nos da a entender que se ha perdido la eficiencia del concreto permeable y a su vez, ha aumentado su respectiva resistencia a la compresión.

Jing and Guuliang (como citó en ACI 522R-10, 2010) informa que al realizar los experimentos se ha encontrado que el concreto presenta una menor resistencia a la compresión a medida que aumenta la cantidad de agregado grueso, a su vez, se identifica que los aditivos de polímeros aumentan la resistencia a la compresión siempre y cuando el tamaño del agregado sea el mismo.

#### **2.2.3.2. Resistencia a la flexión:**

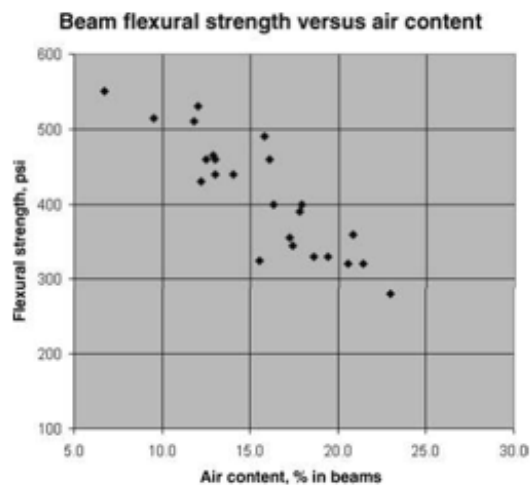
Meininger (como citó en ACI 522R-10, 2010) informa que en la figura 3, indica la relación entre la resistencia a la flexión y el porcentaje de vacíos cuyos datos fueron obtenidos de la misma tanda de muestras utilizados para desarrollar la figura 1. Destacando que son una cantidad limitada de especímenes, contrastando los datos de la figura 1 y 3 verificamos la relación entre la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto permeable.

En la figura 4, se logra apreciar la relación presente entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión de las mismas muestras utilizadas para desarrollar la figura 1 y 3

Neithalath (como citó en ACI 522R-10, 2010) dice que existe otro grupo de datos de ensayos de laboratorio en los que relacionan la resistencia a la flexión y la porosidad, esto se ve evidenciado en la figura 5.

### Figura 3

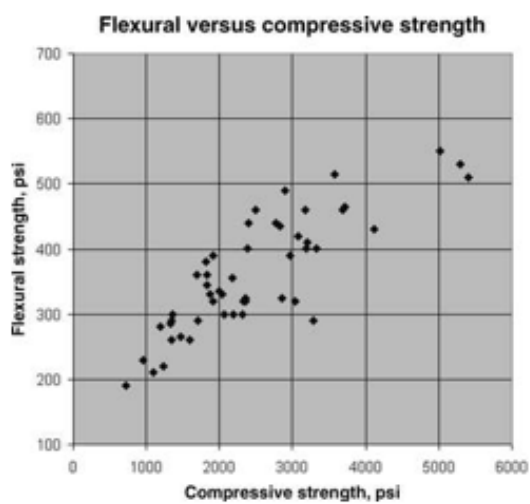
*Relación entre resistencia a la flexión y contenido de aire para concreto permeable (Meininge, 1988)*



**Fuente:** ACI 522R-10

### Figura 4

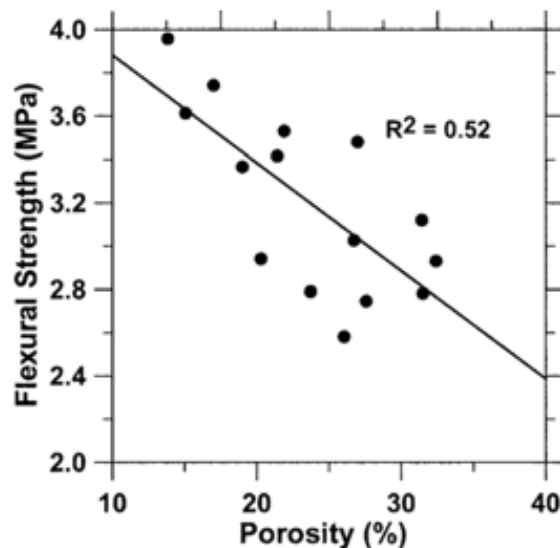
*Relación entre resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para concreto permeable (Meininge, 1988)*



**Fuente:** ACI 522R-10

### Figura 5

*Relación entre porosidad y la resistencia a la flexión para concreto permeable. (Meininge, 1988)*



**Fuente:** ACI 522R-10

De acuerdo a Neithalath (2004) citado en ACI 522R-10 (2010) “la adición de una pequeña cantidad de arena (aproximadamente 5% por volumen) aumenta la resistencia a la flexión del hormigón permeable” (p.11).

Onstenk (como citó en ACI 522R-10, 2010) especifica que se da un aumento en la resistencia a la flexión del concreto permeable al momento de utilizar un aditivo de polímero.

Nissoux / Euram Report (como citó en ACI 522R-10, 2010) informa que se puede lograr una resistencia a la flexión de aproximadamente 3MPa, cuando se elabora una mezcla de concreto permeable utilizando la siguiente proporción: agregados de ¼ a 3/8 de pulgada (6 a 10 mm) y con 25% de porosidad.

**2.2.3.3.** Contenido de vacíos / densidad:

Neithalath (como citó en ACI 522R-10, 2010) indica que se puede determinar la densidad del concreto fresco permeable por ASTM C1688 / C1688M, y está estrechamente relacionado con el contenido de vacíos de la mezcla dada.

El contenido de vacíos del concreto permeable también se puede obtener mediante la NTP.339.80.

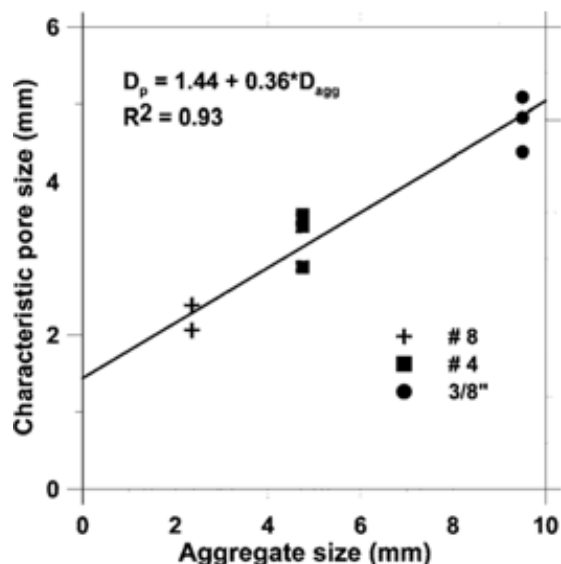
ACI 522R-10 afirma: “El contenido de vacío depende en gran medida de varios factores: gradación del agregado, contenido de material cementoso y esfuerzo comparativo.” (2010, p. 12).

De acuerdo a Neithalath (2004) como citó ACI522R-10 (2010) “la influencia de la gradación del agregado en la porosidad para las muestras de concreto permeable preparadas en el laboratorio se muestran en la figura 6. Se puede obtener una gama de porosidades mezclando agregados de diferentes tamaños” (p.11).

Se debe de tener en cuenta lo siguiente: “Se debe tener cuidado para asegurar que la relación del tamaño agregado no sea muy grande. Si la relación es muy alta el agregado más pequeño llenara el vacío dejado por el agregado más grande, reduciendo la permeabilidad” (ACI 522R-10, 2010, p.12).

## Figura 6

*Influencia del tamaño del agregado en el tamaño de poro de las mezclas de concreto permeable de un solo tamaño.*



**Fuente:** ACI 522R-10

### 2.2.3.4. Tasa de filtración:

ACI 522R-10 afirma que: “Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad de filtrar agua a través de la matriz. La tasa de percolación del concreto permeable está directamente relacionada con la porosidad y los tamaños de poros” (2010, p. 12).

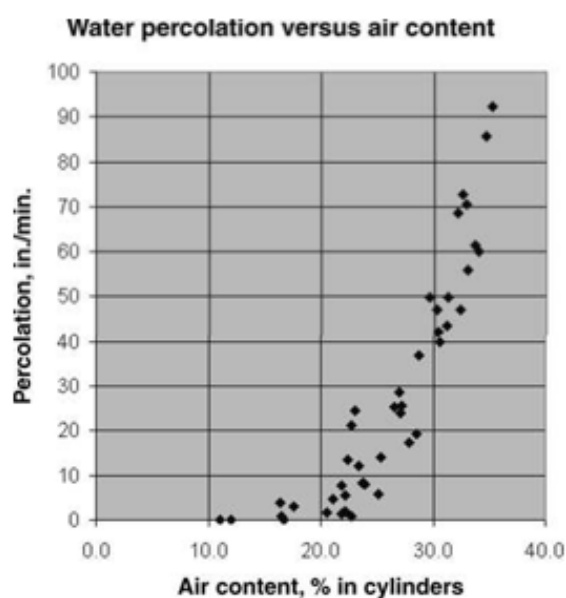
De acuerdo a Meininger (1998) citado en ACI 522R-10 (2010) “las pruebas han demostrado que se requiere una porosidad mínima de aproximadamente 15% para lograr una percolación significativa” (p.12).

Brite, Euram (como citó en ACI 522R-10, 2010) indica que para una porosidad del 20 al 25%, se informa que el coeficiente de permeabilidad será aproximadamente 0.01 m/s. Otro estudio de Nissoux (como citó en ACI 522R-10, 2010) informa una permeabilidad de 0.88 gal. /ft<sup>2</sup>/s (36 L/m<sup>2</sup>/s).

Brite, Euram (como citó en ACI 522R-10, 2010) nos dice que la figura 7 da a conocer la relación entre la ratio de percolación y el porcentaje de aire de la mezcla de concreto permeable. Se aprecia también que el índice de permeabilidad aumenta y a su vez aumenta el contenido de vacío de aire y, producto de esto, disminuye la resistencia a la compresión.

### Figura 7

*Relación entre tasa de percolación y el contenido de aire para concreto permeable (Meininger 1988) (1 psi= 0.06895 MPa).*



**Fuente:** ACI 522R-10

#### **2.2.4. Pruebas de laboratorio:**

##### **2.2.4.1. Prueba de contenido de aire:**

Se indica que: “Este ensayo determina el contenido de aire del concreto fresco mezclado, a partir de la observación del cambio de volumen de concreto, con un cambio de presión” (NTP 339.080, 2011, p .1).

##### **2.2.4.2. Prueba de resistencia a la flexión:**

Se indica que: “Los resultados se calculan y reportan como el módulo de rotura. La resistencia determinada variará si existen diferencias en el tamaño del espécimen, condiciones de humedad o si la viga ha sido moldeada o cortada al tamaño requerido” (NTP 339.078, 2017, p. 6).

##### **2.2.4.3. Prueba de resistencia a la compresión:**

Se aplica una carga axial a los cilindros moldeados (probetas) a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta. (NTP 339.034, 2015, p. 7)

##### **2.2.4.4. Prueba de permeabilidad:**

Se indica que: “La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua y otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo” (Moujir y Castañeda, 2014, p. 27).

Este ensayo de laboratorio es uno de los más importantes a realizar ya que nos determina el coeficiente de permeabilidad que es la principal característica de este tipo de concreto:

Para el desarrollo de este ensayo, es necesario tener un permeámetro de carga variable. La muestra del concreto



poroso estará encerrada por una membrana de plástico con la finalidad de que la filtración no se presente a los lados de la muestra. Luego se vierte en el cilindro el agua para poder obtener la permeabilidad. (ACI 522-R, 2010, p. 10)

## **2.3. Marco Conceptual**

### **2.3.1. CONCRETO**

La E.060 nos dice que: “Mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (2009, p. 26).

### **2.3.2. PERMEABILIDAD**

“La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua y otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo” (Moujir y Castañeda, 2014, p. 27).

### **2.3.3. POROSIDAD**

Moujir, Luis afirma: “La porosidad es la propiedad física que le permite a un material ser transado con un fluido, aire o luz” (2014, p. 34).

### **2.3.4. CONCRETO PERMEABLE**

ACI 522R-10 nos dice que: “El término concreto permeable hace referencia a un material abierto y permeable con revenimiento cero, fabricado con cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua” (2010, p. 1).

### **2.3.5. PAVIMENTO PERMEABLE**

Los firmes permeables se pueden definir como secciones compuestas de varias capas de materiales de construcción que permiten el paso del agua a través suyo, desde la superficie hasta el terreno natural o subrasante, y en conjunto ofrecen la capacidad portante necesaria para resistir un tráfico determinado (generalmente liviano). No son consideradas como firmes permeables aquellas secciones que cuentan con capas drenantes combinadas con capas impermeables, como por ejemplo mezclas bituminosas porosas sobre mezclas bituminosas cerradas o semicerradas. (Rodríguez, 2008, p.34).

### **2.3.6. PORCENTAJE DE VACÍOS**

NTP 339.230 nos dice que: “Indica la cantidad de vacíos existentes en la estructura de un material” (2019, p. 1).

### **2.3.7. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

NTP 339.034 nos dice que: “la resistencia a la compresión es la capacidad que posee un elemento para resistir una carga vertical de aplastamiento” (2015, p.17).

### **2.3.8. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN**

NTP 339.078 nos dice que: “Se puede definir a la resistencia a la flexión como la resistencia a la tracción del concreto cuando se le aplica una carga” (2017, p. 6).

### **2.3.9. AGREGADO**

E.060 nos dice que: “Material granular, de origen natural o artificial, como arena, grava, piedra triturada y escoria del hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico” (2009, p. 25).

### **2.3.10. AGREGADO GRUESO**

E.060 nos dice que: “Agregado retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4), proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas” (2009, p. 25).

### **2.3.11. AGREGADO FINO**

E.060 nos dice que: “Agregado proveniente de la desintegración natural o artificial que pasa el tamiz 9.5mm” (2009, p. 25).

### **2.3.12. CEMENTO**

E.060 nos dice que: “Material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta aglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como en el aire. Quedan excluidas las cales hidráulicas, las cales aéreas y los yesos” (2009, p. 26).

### **2.3.13. CEMENTO PORTLAND**

La norma técnica E.060 (2009) nos indica que: “Producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio.

Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total” (p. 26)

#### **2.3.14. ADITIVO**

E.060 nos dice que: “Material distinto del agua, de los agregados o del cemento hidráulico, utilizado como componente del concreto, y que se añade a este antes o durante el mezclado a fin de modificar sus propiedades” (2009, p. 25).

#### **2.3.15. ADITIVO SIKACEM PLASTIFICANTE**

Sika Perú nos dice que: “Es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales” (2021, p. 1).

### **2.4. Hipótesis:**

El análisis del concreto permeable determinará la relación entre las propiedades físicas de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido en Trujillo, Perú.

#### **2.4.1. Variables**

##### **2.4.1.1. Variable independiente**

Concreto Permeable

##### **2.4.1.2. Variable dependiente**

Propiedades físicas del concreto permeable (porcentaje de vacíos, resistencia a la flexión y permeabilidad).

### 2.4.1.3. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

TIPO	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DESCRIPCIÓN OPERACIONAL			
INDEPENDIENTE: CONCRETO PERMEABLE	Es un material abierto y permeable con revenimiento cero, fabricado con cemento portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua.	El concreto poroso depende directamente de la cantidad de agregado fino incorporado al concreto y debido a esto pueden verse alteradas sus propiedades físicas y mecánicas. Por lo cual se analiza el agregado fino determinando su peso y porcentaje retenidos en la malla #200	Estudio de las características físicas de los agregados. Diseño de 2 mezclas de concreto permeable	Agua, Agregados (fino y grueso), Cemento y Aditivo Sikacem plastificante	Hojas de Cálculo (EXCEL), Pasos de la norma ACI 522R-10
DEPENDIENTE: PROPIEDADES FÍSICAS DEL CONCRETO PERMEABLE	Es aquella que se basa principalmente en la estructura del concreto permeable que es visible y medible y no produce nuevas sustancias químicas	Para conocer las propiedades físicas del concreto permeable, tanto en estado fresco como endurecido, se requiere seguir con lo estipulado en las distintas Normas Técnicas Peruanas y la norma ACI 522R-10, haciendo uso de los diferentes equipos de laboratorio.	Ensayo de contenido de aire en el concreto fresco. Ensayo de resistencia a la flexión. Ensayo de permeabilidad	Porcentaje (%), Resistencia a la flexión (kg/cm <sup>2</sup> ) y Velocidad (m/s)	Medidor de aire tipo B, balanza, martillo proctor estándar, recipiente de medida, placa de enrasado. Prensa hidráulica, vernier, platos de retención. Permeámetro de carga variable, cronómetro y cinta métrica

**Fuente:** Propia

### **III. METODOLOGÍA EMPLEADA**

#### **3.1. Tipo y nivel de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Aplicada:

Se tomaron como referencia diferentes aportes de investigaciones realizadas anteriormente sobre el concreto permeable aplicado en un pavimento rígido para llevar a cabo esta investigación.

##### **3.1.2. Nivel de investigación**

Explicativa:

Esto debido a que existe una relación entre las dos variables propuestas, también porque la investigación se realiza para conocer las principales propiedades físicas del concreto permeable y las causas que determinan las características de estas propiedades.

#### **3.2. Población y muestra de estudio**

##### **3.2.1. Población**

Concreto permeable realizado con los mismos materiales (agua, agregados, aditivo, cemento).

##### **3.2.2. Muestra**

- 48 probetas de concreto permeable por diseño de mezcla para obtener la resistencia a la compresión, (ACI 318.08, 2008, p. 69). El ACI recomienda tener 10 datos como mínimo y la norma ACI.318.08 nos dice que para obtener un dato es necesario comparar 3 probetas de la medida de 10 x 20 cm, por lo que por día de rotura se necesitarán 12 probetas como mínimo.

**Tabla 2***Cantidad de muestras de concreto*

<b>Edad de la probeta</b>	<b>Cantidad de probetas</b>
<b>24 horas</b>	12
<b>3 días</b>	12
<b>7 días</b>	12
<b>28 días</b>	12
<b>TOTAL</b>	48

**Fuente:** Propia

- La NTP 339.183 recomienda que se tomen como mínimo 3 muestras para el ensayo de resistencia a la flexión, por lo que optamos por 3 vigas de concreto permeable por diseño de mezcla. Teniendo en cuenta que se realizarán 3 diseños de mezcla incluyendo el concreto patrón, se elaborarán 9 vigas para determinar la resistencia a la flexión. Caber recalcar que la edad de las vigas será de 28 días.
- Una muestra por diseño de mezcla de ambos concretos permeables y el concreto patrón en estado fresco, para el ensayo de contenido de aire (NTP 339.080, 2018, p.6).
- Tres probetas de concreto permeable por diseño de mezcla para obtener la permeabilidad (ACI 522R-10, 2010, p.16).

### **3.3. Diseño de Investigación**

Experimental (experimental puro):

Para esta investigación será considerado un diseño de investigación experimental debido a que se va a someter a un grupo de objetos (muestras de concreto permeable) a diferentes condiciones y estímulos (variación de su porcentaje de vacíos y agregado fino)

para observar los efectos que esta variación tiene en su resistencia y permeabilidad.

Se considera una investigación experimental pura debido a que todos los ensayos a realizar están basados en una norma.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica que se utilizó para el desarrollo de la investigación fue la de elaborar una mezcla de concreto patrón (convencional) que posea una resistencia a la compresión igual a 280 kg/cm<sup>2</sup>, y 2 mezclas de concreto permeable con diferentes porcentajes de vacíos, agregados y aditivo; los cuales posteriormente fueron sometidos a ensayos de resistencia a la compresión y flexión, a la permeabilidad y porcentaje de vacíos. Con los resultados obtenidos se procedió a analizarlos con la elaboración de tablas y gráficos, para así poder representar la variación de resistencia en los diferentes tipos de diseño de mezcla y ver cuál de estos se asemeja más a la del concreto patrón y a su vez, que cumpla con los parámetros de la norma Ce.010 Pavimentos urbanos, sin modificar las características de un concreto permeable.

#### **3.4.2. Instrumentos**

Como instrumentos de investigación tenemos a los diferentes ensayos tales como: ensayos a los agregados, ensayos del concreto en estado fresco y en estado endurecido; los ensayos son los siguientes:

##### **3.4.2.1. Ensayos realizados a los agregados:**

- Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012).
- Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).
- Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022).



- Contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185).
- Masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017).

#### **3.4.2.2. Ensayos para el concreto en estado fresco**

- Asentamiento (NTP 339.035).
- Contenido de aire (NTP 339.080).

#### **3.4.2.3. Ensayos para el concreto en estado endurecido**

- Permeabilidad (ACI 522-R).
- Resistencia a la compresión (NTP 339.034).
- Resistencia a la flexión (NTP 339.078).

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

Una vez obtenidos los datos necesarios, se realizaron tablas, gráficos y cuadros los cuales se organizaron por ensayo. Esta información fue introducida en el programa Microsoft EXCEL para una mejor organización. Teniendo en cuenta también la presentación de las fichas técnicas necesarias para la realización de cada uno de los ensayos anteriormente estipulados.

Para analizar los datos, utilizaremos las siguientes técnicas:

- Representaciones gráficas como histogramas, graficas de barras, entre otros.
- Medidas de tendencia central (media o promedio).

#### **3.5.1. Recolección de Materiales**

Iniciando, los materiales para los ensayos se extrajeron de la cantera “Quebrada El León”, la cual cuenta con diferentes tipos de agregados. La cantera está ubicada en el distrito de Huanchaco - Trujillo, sector El Milagro.

**Figura 8**

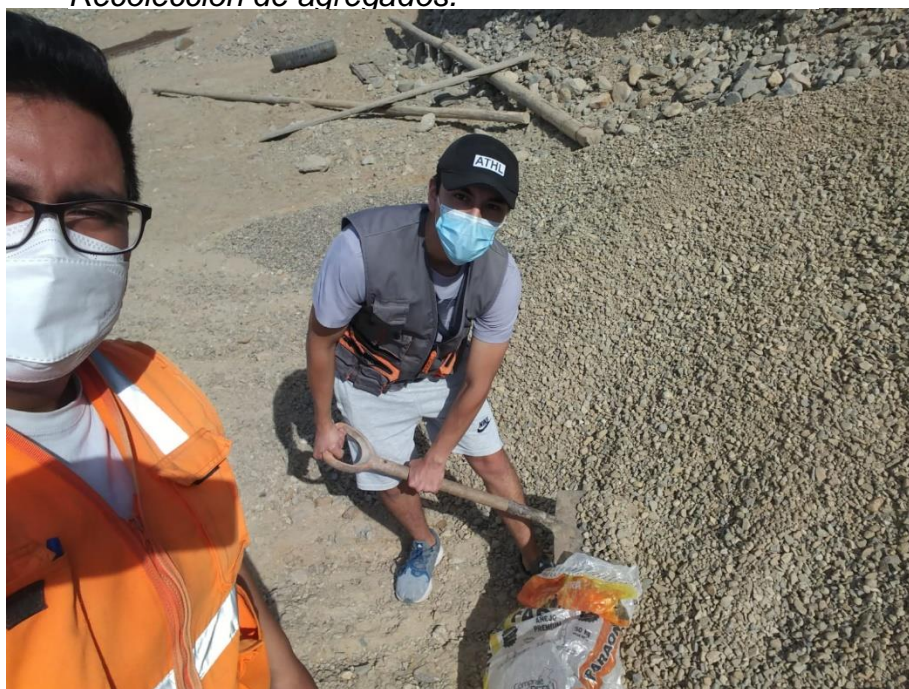
*Ingreso a Cantera*



Fuente: Propia.

**Figura 9**

*Recolección de agregados.*



Fuente: propia.

### 3.5.2. Ensayos de Laboratorio a los Agregados

#### 3.5.2.1. Análisis Granulométrico (400.012)

##### 3.5.2.1.1. Descripción

Se puede definir al análisis granulométrico como la medición de un grupo de partículas de diversos tamaños y formas. El conjunto de partículas al situarse en un mismo lugar, el cual sería la cantera “Quebrada El León” necesitan uniformizarse y debido a esto recurrimos al muestreo. Conociendo el tamaño de partículas podemos determinar qué clase de análisis granulométrico realizar, en nuestro estudio se encuentran partículas intermedias por lo que en este se puede ensayar con el método granulométrico. Este ensayo se basa en utilizar tamices con diferentes tamaños de aberturas de malla y en la parte final se utiliza un recipiente denominado “fondo” el cual no posee abertura alguna, este sirvió para almacenar lo último de la muestra.

##### 3.5.2.1.2. Materiales

- Balanza
- Tamices 1 ½”- 1”-3/4”-1/2”-3/8”-1/4”-N°4- N°8 – N°16
- Tamices N°4 - N°8 – N°16- N°30 - N°50 – N°80 – N°100 – N°200
- Muestra de arena gruesa y piedra chancada
- Recipientes
- Agua
- Horno
- Cepillos

##### 3.5.2.1.3. Procedimiento

- Se inició secando la muestra a un peso constante a una temperatura de 110°C +- 5°C.
- Para nuestra investigación se escogió una muestra del grupo de partículas de la cantera “Quebrada el León”, la cual fue llevada hasta el laboratorio donde se realizan los ensayos, teniendo el cuidado necesario para mantener limpia la muestra, luego la muestra se ingresó al horno y se dejó secar por

24 horas +- 5 horas. Prosiguiendo con el ensayo elegimos tamaños adecuados de tamices para poder realizar de manera correcta el análisis granulométrico, y así obtener los resultados requeridos según la Norma Peruana 400.012.

- Siguiendo con el procedimiento se pesó toda la muestra, dando un total de 5 kg de agregado grueso y 1.3 kg de agregado fino, la cual será vertida por los tamices, para una vez culminada el ensayo poder representar los resultados en cuadros estadísticos, creados a partir de cada tamiz. Se utilizan varios tamices porque tienen diferente abertura en la malla, y esto permite que en cada tamiz quede un porcentaje de todo el grupo de partículas vertido.
- En primer lugar, se tiene que ordenar los tamices en orden descendente en lo que respecta a medida de abertura de malla, luego se procede a vaciar la muestra y se tapa en la parte superior, para que al momento de agitarlos no haya un desperdicio del porcentaje total de la muestra. Se proceden a agitar el grupo de tamices de manera circular por un lapso de 2 minutos, generando así que toda la muestra quede uniformemente repartida alrededor de todo el tamiz correspondiente.
- Una vez terminada la parte anterior, se ponen los tamices en una superficie plana para evitar que el material se caiga fuera de estos.
- Luego de colocar los tamices en una superficie plana, se procede a retirar la tapa y retirar el primer tamiz, el cual tiene la abertura de malla más grande y se procede a tarar la muestra. Cabe recalcar que se tiene que retirar toda la muestra con la ayuda de cepillos metálicos con la finalidad de que no quede nada en el tamiz.
- Terminando con este ensayo obtuvimos el módulo de fineza, tamaño máximo nominal del agregado grueso y módulo de fineza del agregado fino. Para el agregado grueso el tamaño máximo nominal fue piedra de **3/4"**, con un módulo de fineza de **6.93** y para el agregado fino, un módulo de fineza de **3.16**.

**Figura 10***Análisis granulométrico***Fuente:** propia.

## 3.5.2.1.4. Límites Granulométricos

- AGREGADO FINO: (NTP 400.037)

**Tabla 3***Límites granulométricos para el agregado fino*

Tamiz	Porcentaje que pasa
3/8"	100
Nº4	95 a 100
Nº8	80 a 100
Nº16	50 a 85
Nº30	25 a 60
Nº50	5 a 30
Nº100	0 a 10

**Fuente:** NTP 400.037

Tabla 4

## Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)
1	90 mm a 37,5 mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5 mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75 mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

### 3.5.2.2. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021)

#### 3.5.2.2.1. Descripción

- **Peso Específico:** Según la NTP 400.021: "Es la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales" (2018, p. 3).
- **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seco:** "Es similar al peso específico de masa, la diferencia es que la masa incluye el agua en los poros permeables" (NTP 400.021, 2018, p. 3).
- **Peso Específico Aparente:** Según la NTP 400.021: "Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas" (2018, p.3).

- Absorción: Según la NTP 400.021: “Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco” (2018, p.3).

#### 3.5.2.2.2. Materiales

- Agregado grueso piedra  $\frac{3}{4}$ ”
- Canastilla
- Balanza Hidrostática
- Franela
- Recipientes
- Secadora
- Estufa

#### 3.5.2.2.3. Procedimiento

- Se realizó el cuarteo del material (6 kg), extendiéndolo sobre una superficie regular, seguidamente con ayuda de una pala se separó la muestra en cuatro secciones eligiendo solo dos partes (3 kg), estas deben tener un mayor parecido en lo que respecta a cantidad y tamaño, tomando la cantidad que se necesita para realizar el ensayo, una al extremo de otra.
- Por el tamiz n<sup>0</sup>4, se realizó el tamizado del agregado grueso retirando en su totalidad el material que logre pasar la abertura de este tamiz.
- Teniendo el material necesario, se procedió a lavarlo quitando así el polvo y otras partículas, seguidamente se colocan los especímenes al horno por 24 horas. Antes de realizar el ensayo, en un rango de 1 a 3 horas.
- Se dejó enfriar a temperatura ambiente luego de pasada las 24 horas.
- Paso siguiente, en agua a temperatura ambiente, se sumerge la muestra durante 24 horas.



- Una vez transcurridas las 24 horas, removimos la muestra del agua y la hicimos rodar sobre una franela, haciendo así que la franela absorba el agua, con la ayuda de un secador empezamos secar por separado las piedras, quitando la humedad que estas puedan tener en su superficie. Teniendo así la muestra saturada superficialmente seca. Para poder pesar el agregado, se coloca la muestra en la canastilla de la balanza.
- En la cesta de la balanza, se coloca la muestra del agregado saturada la cual presenta una superficie seca y así obtener el peso sumergido en agua a una temperatura de 23°C. Finalizando, a temperatura ambiente, dejamos enfriar por un lapso de 1 hora, hasta que la muestra tenga una temperatura parecida a la del tacto (aproximadamente 50 °F) y luego se pesó la muestra.

**Figura 11**

*Agregado grueso en Balanza Hidrostática*



**Fuente:** Propia



### 3.5.2.3. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022)

#### 3.5.2.3.1. Descripción

- **Peso Específico:** Según la NTP 400.021:” Es la relación, a una temperatura estable, de la masa de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas. Los valores son adimensionales” (2018, p. 3).
- **Peso Específico de Masa Saturada Superficialmente Seco:** “Es similar al peso específico de masa, la diferencia es que la masa incluye el agua en los poros permeables” (NTP 400.021, 2018, p. 3).
- **Peso Específico Aparente:** Según la NTP 400.021:” Es la relación, a una temperatura estable, de la masa en el aire de un volumen unitario de la porción impermeable del agregado, a la masa en el aire de igual volumen de agua destilada libre de gas” (2018, p.3).
- **Absorción:** Según la NTP 400.021: “Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en ésta, se expresa como porcentaje del peso seco” (2018, p.3).

#### 3.5.2.3.2. Materiales

- Balanza
- Fiola
- Recipientes
- Molde y barra compactadora (cono)
- Estufa
- Embudo

#### 3.5.2.3.3. Procedimiento

- Al igual que el agregado grueso, separamos el material y pesamos sólo 500 g del material.
- Se puso la muestra del agregado en un embace y se vertió agua hasta cubrir, en su totalidad, la muestra, posteriormente la muestra reposa por 24 h, luego

de pasado el tiempo, se procedió a verter el agua con sumo cuidado con la finalidad de que no se pierdan los finos. Seguidamente se coloca la muestra en una superficie sin desniveles, se esparce para poder secarla uniformemente con una secadora.

- Para cerciorarse que la muestra está seca, utilizamos la prueba de humedad superficial (método del cono), el cual consiste en llenar completamente un pequeño molde en forma de cono y luego compactarlo, seguidamente terminado el proceso de compactación se levanta el cono metálico, si la muestra se desmorona es debido a que ya está seca, en el caso que la muestra no se derrumbe aún estaría húmeda. Lo que se busca con este método es que la muestra esta seca completamente.
- Luego de realizar el método del cono y asegurarnos de que la muestra está seca, tomamos los 500 gr y procedimos a ponerla dentro de una fiola u otro contenedor apropiado el cual ya ha sido llenado anteriormente con agua y también pesado. Luego agitamos manualmente la fiola, generando vibración y con esto hacer que la arena quede en la parte inferior, y además eliminando el aire.
- Seguidamente dejamos la muestra reposar en un rango de 1 a 4 horas dentro de la fiola. Luego del tiempo de espera, se procedió a colocar el material en un recipiente para poder introducirlo al horno por 24 horas.
- Para hallar el peso del agregado, se lo debe retirar, luego de 24 horas en el horno, y pesarlo con la ayuda de la balanza.

**Figura 12**

*Agregado fino en fiola*



**Fuente:** Propia

### 3.5.2.4. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017)

#### 3.5.2.4.1. Descripción

- Finalidad: Según la NTP 400.017: “Este método se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto.”
- Uso secundario: Como lo indica la NTP 400.017: “Puede utilizarse para la determinación de la relación masa/volumen para conversiones”.
- Este método se emplea también para la determinación de vacíos para ambos agregados en estudio.

#### 3.5.2.4.2. Materiales:

- Recipiente de Medida
- Balanza
- Pala de Mano
- Barra compactadora

#### 3.5.2.4.3. Procedimiento:

- Para comenzar, se eligió el recipiente apropiado según el tamaño máximo de nuestro agregado.
- Se procedió a llenar el agregado con la pala, teniendo en cuenta que esta debe estar a no más de 2” de separación de la superficie del recipiente, hasta 1/3 de la altura del contenedor y luego compactamos con ayuda de la barra compactadora (una de 5/8” y 60 cm de largo) procurando que no tope el fondo del recipiente.
- Una vez compactada esta primera capa, se vació la segunda capa de la misma manera que la anterior hasta los 2/3 de la altura total del recipiente. Se compactó utilizando la barra compactadora procurando que esta no entre hasta la capa anterior.
- Para concluir el vaciado del agregado, se rebalsó el recipiente hasta encima de su superficie compactándolo de igual manera y enrasando con la barra

compactadora (como si fuera una regla) para que quede todo el agregado a ras de la superficie de recipiente.

- Para poder hallar el contenido de vacíos y el peso unitario del agregado se procede a realizar los cálculos respectivos.

#### 3.5.2.4.4. Tamaño de recipiente según tamaño máximo del agregado.

**Tabla 5**

*Capacidad de la medida*

TAMAÑO NOMINAL AGREGADO		MÁXIMO DEL	CAPACIDAD DE MEDIDA	DE LA
mm	plg		L	p3
12.5	1/2"		2.8	1/10
25	1"		9.3	1/3
37.5	1 1/2"		14	1/2
75	3"		28	1
112	4 1/2"		70	2 1/2
150	6"		100	3 1/2

**Fuente:** NTP 400.017

**Figura 13**

*Peso unitario agregado fino*



**Fuente:** Propia

**Figura 14**

*Peso unitario agregado fino – peso en balanza*



**Fuente:** Propia

**Figura 15**

*Peso unitario agregado grueso*



**Fuente:** Propia

**Figura 16**

*Compactación del agregado grueso*



**Fuente:** Propia

### **3.5.2.5. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185)**

#### **3.5.2.5.1. Descripción**

Ensayo utilizado para determinar el contenido de humedad a partir de la masa de la muestra húmeda y de la masa de la muestra seca. Recalcando que el contenido de humedad superficial es igual a la diferencia entre el contenido de humedad total evaporable y la absorción. (NTP 339.185, 2013, p. 1)

#### **3.5.2.5.2. Materiales**

- Balanza
- Horno
- Recipiente para muestra

#### **3.5.2.5.3. Procedimiento**

- Realizar el muestreo del agregado teniendo en cuenta el procedimiento indicado en la NTP 400.010.
- Se pesó la muestra con la ayuda de la balanza con una precisión del 0.1%
- A una temperatura de 110°C ± 5 °C, se introdujo la muestra al horno.
- Dejar enfriar la muestra hasta el punto que no dañe ningún equipo de laboratorio.
- Luego de dejar enfriar la muestra, se procedió a calcular el contenido de humedad evaporable con el peso de la muestra seca y el peso de la muestra húmeda obtenido al inicio.



## 3.5.2.5.4. Tamaño de muestra según el tamaño máximo del agregado

**Tabla 6***Tamaño de la muestra del agregado*

Tamaño máximo nominal de agregado (plg)	Masa mínima de la muestra del agregado de peso normal (kg)
Nº4	0.5
3/8"	1.5
1/2"	2
3/4"	3
1"	4
1 1/2"	6
2"	8
2 1/2"	10
3"	13
3 1/2"	16
4"	25
6"	50

**Fuente:** NTP 339.185**Figura 17***Agregado en horno***Fuente:** Propia

**Figura 18**

*Agregados grueso y fino sacados del horno*



**Fuente:** Propia

**3.5.3. Diseño de mezcla**

Para nuestro proyecto, se realizó un diseño de mezcla de un concreto patrón con un  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando la marca de cemento Pacasmayo tipo I y adicionando el aditivo SIKACEM Plastificante y a su vez haciendo uso de la metodología del ACI 211. Por otro lado, para el diseño de las dos diferentes mezclas del concreto permeable nos guiamos de la metodología del ACI 522R-10. Recalcando de cada diseño de mezcla tendrán 10 % y 20% de porcentaje de agregado fino.

**3.5.3.1. Diseño de mezcla del concreto patrón****3.5.3.1.1. Datos para el diseño de mezcla del concreto patrón**

Para realizar el diseño de mezcla del concreto patrón, se requieren los siguientes datos:

- Resistencia de diseño
- Peso específico de los agregados
- Contenido de humedad (%)

- Asentamiento
- Módulo de fineza
- Contenido de absorción
- Peso específico del cemento Pacasmayo tipo I
- Relación agua/cemento
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso
- Peso unitario suelto y compactado de los agregados

#### 3.5.3.1.2. Procedimiento para el diseño de mezcla del concreto patrón

- Cálculo de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )
- Elección del asentamiento (slump)
- Cálculo del tamaño máximo del agregado grueso
- Estimación del agua de mezcla y contenido de aire
- Elección de la relación agua/cemento ( $a/c$ )
- Contenido de cemento
- Contenido del agregado grueso y del agregado fino
- Ajustes por humedad de los agregados
- Ajuste por tandas de prueba
- Cálculo de proporciones en peso

**Tabla 7***Datos para el diseño de mezcla*

Agregados		
Agregado	Grueso	Fino
Cantera	El León	El león
T.M.N	3/4"	-
Módulo de fineza	6.93	3.16
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.62
Contenido de humedad (%)	0.5	0.5
% de absorción	1.1	1.3
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.466	1.578
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.617	1.77

**Fuente:** Propia

## 3.5.3.1.3. Pasos para el diseño de mezcla

**Paso 1:** Cálculo de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )

Debido a que la resistencia deseada es de 280 kg/cm<sup>2</sup>, el  $f'_{cr}$  se considera de la siguiente manera:

$$f'_{cr} = f'c + 84$$

Donde:

- $f'_{cr}$ = Resistencia promedio
- $f'c$ = Resistencia deseada

## Paso 2: Elección del asentamiento

**Tabla 8**

*Elección del asentamiento (Slump)*

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de subestructura sencillos, zapatas, muros y cajones de cimentación	7.5	2.5
Vigas y muros reforzados	10	2.5
Columnas para edificios	10	2.5
Pavimentos y losas	7.5	2.5
Concreto masivo	7.5	2.5

**Fuente:** ACI 211.1

Teniendo en cuenta que nuestro concreto está siendo diseñado con la finalidad de poder aplicarlo en un pavimento, se tomó un slump de 7.5 **cm**.

**Paso 3:** Determinación del contenido de aire atrapado según el TMN del agregado grueso

Esta estimación se realiza con la siguiente tabla la cual nos proporciona el ACI

**Tabla 9**

*Estimación del % de aire atrapado del concreto*

TMT	del %	Aire
agregado grueso	contenido	
3/8"	3	
1/2"	2.5	
3/4"	2	
1"	1.5	
1 1/2"	1	
2"	0.5	
3"	0.3	
4"	0.2	

**Fuente:** ACI 211.1

**Paso 4:** Cálculo del agua de mezclado y del contenido del aire

Para conocer este valor, se tiene en cuenta el valor del slump y del tamaño máximo nominal del agregado a utilizar en la mezcla y se aprecia en la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Volumen de agua de mezclado*

Asentamiento	Agua en lt/m <sup>3</sup> , para TMN agregados y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	254	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	-

**Fuente:** ACI 211.1

**Paso 5:** Elección de la relación a/c

Según la norma ACI 211.1 (2002) nos indica que: "Está determinada por la resistencia requerida y la durabilidad, la resistencia se mide en un ensayo de compresión simple en probetas cilíndricas de concreto a la edad de 28 días y que, en ausencia de datos, usar valores de la tabla 11" (p. 9).

**Tabla11**

*Relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto*

f'cr (kg/cm <sup>2</sup> )	relación a/c en peso	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

**Fuente:** ACI 211.1

**Tabla 42**

*Relación agua/cemento máximas permisibles para concreto sujeto a exposiciones severas*

Tipo de estructura	Estructura continua o frecuentemente mojada y expuesta a congelación y deshielo	Estructura expuesta al agua de mar o a sulfatos
Secciones esbeltas y secciones con menos de 3 cm	0.45	0.4
Resto de estructuras	0.5	0.45

**Fuente:** ACI 211.1

### **Paso 6:** Contenido de cemento

Luego de conocer el total de agua a utilizar y la relación agua/cemento, se puede determinar la totalidad de cemento a utilizar por unidad de volumen, dividiendo la cantidad de agua por la relación agua/cemento.

### Paso 7: Contenido del agregado grueso y del agregado fino

Según la norma ACI 211.1 (2002) nos dice que: “Para agregados de un tamaño máximo y gradación determinados, se obtendrá un concreto de trabajabilidad adecuada para un determinado volumen de agregado grueso, compactado y secado en horno, por unidad de volumen de concreto” (p.12).

**Tabla 53**

#### *Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto*

TMN del agregado grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos módulos de fineza del fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75

**Fuente:** ACI 211.1

La norma ACI 211.1 (2002) nos indica que: “Luego de conocer el contenido del agregado grueso, cemento, agua y contenido de aire atrapado, por m<sup>3</sup>, se calcula el contenido del agregado fino pudiendo utilizar el método de volúmenes absolutos o por el método de los pesos.” (p. 12).

### Paso 8: Ajustes por humedad de los agregados

La norma ACI 211.1 (2002) nos dice que: “El contenido de agua añadida para formar la pasta será afectado por el contenido de humedad de los agregados. Si ellos están secos al aire absorberán agua y disminuirán la relación agua/cemento y la trabajabilidad. Por otro lado, si ellos tienen humedad libre en su superficie (agregados mojados) aportarán algo de esta agua a la pasta



aumentando la relación agua/cemento, la trabajabilidad y disminuyendo la resistencia a la compresión.” (p. 13).

**Paso 9:** Ajustes por tanda de prueba

La norma ACI 211.1 (2002): “A continuación, se vuelve a corregir los pasos diseñados a fin de mantener la relación agua/cemento con el último peso del agua, es decir, el peso modificado.” (p.13).

**Paso 10:** Estimación de proporciones en peso

Se hizo la respectiva dosificación de los materiales a fin de tener una ya preparada para futuras mezclas con los mismos.

**3.5.3.2.** Diseño de los 2 tipos de mezcla del concreto permeable

En la actualidad, no conocemos un procedimiento estándar para la dosificación de un concreto permeable, pero, la norma ACI 522R-10 nos indica unos rangos de las cantidades de material a utilizar en estos tipos de concretos.

Para realizar el correcto diseño del concreto permeable, es necesario conocer los resultados de las pruebas de laboratorio a los agregados ya mencionados anteriormente. Conociendo la “tabla 7” con la característica de los agregados, presentamos también una tabla con las características del cemento y del agua a utilizar.

**Tabla 14**

*Características del agua y cemento para el diseño de mezcla del concreto permeable*

	Marca	Tipo	PE (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	Pacasmayo	I	3120
Agua	-	-	1000

**Fuente:** Propia

**3.5.3.2.1.** Procedimiento para el diseño de mezcla del concreto permeable

**Paso 1:** Calcular la masa del agregado grueso

La norma ACI 522R-10 nos presenta una tabla dada por Meininger (1988) donde: “Está la relación entre el volumen del agregado grueso y el volumen de

concreto permeable utilizando las siguientes variables: el grado de compactación que se empleará, huso del agregado grueso y el porcentaje de agregado fino de la mezcla” (Bautista, 2018, p. 72).

En la “Tabla 15” se aprecian: “Los valores de b/bo utilizados según los agregados gruesos de husos N°67 y N°8, presentando una cantidad de agregado fino de 20, 10 y 0% respecto a la cantidad total de agregado y un nivel de compactación de bien compactado” (Bautista, 2018, p. 72). Las variables son las siguientes:

- b: cantidad de agregado grueso (en volumen) por volumen unitario de concreto
- b/bo: volumen seco de agregado grueso compactado/volumen unitario de concreto
- bo: volumen sólido de agregado grueso por volumen unitario de agregado grueso

**Tabla 15**

*Relaciones de b/bo respecto al porcentaje de agregado fino y al N° de huso de agregado grueso*

Porcentaje de agregado fino (%)	b/bo			
	ASTM N° 8		ASTM N° 67	
	C33/C33M	C33/C33M	C33/C33M	C33/C33M
0	0.99	0.99	0.99	0.99
10	0.93	0.93	0.93	0.93
20	0.85	0.85	0.85	0.85

**Fuente:** ACI 522R-10

Una vez obtenido el valor de la incógnita b/bo, se calcula el peso del agregado utilizando la siguiente fórmula:

$$W_{a_{seco}} = PU_{grava} * \frac{b}{bo} * V_{total}$$

Donde:

- Waseco: Peso del agregado seco
- PUgrava: Peso unitario de la grava
- Vtotal: Volumen total de diseño
- b/bo: volumen seco de agregado grueso compactado/volumen unitario de concreto

**Paso 2:** Reajuste del peso del agregado

Una vez obtenido el peso del agregado seco, se multiplicó por el porcentaje de absorción, que se obtiene del ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso (Bautista, 2018), utilizando la siguiente fórmula:

$$W_{a_{húmedo}} = W_{a_{seco}} * \% Abs$$

Donde:

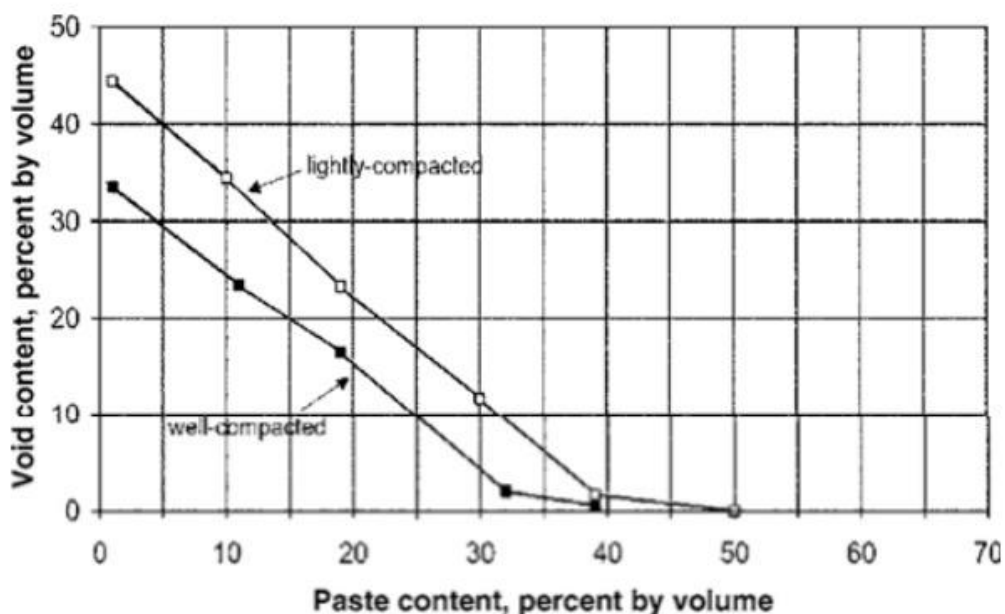
- Waseco: Peso del agregado seco
- %Abs: Porcentaje de absorción
- Wahúmedo: Peso del agregado húmedo

**Paso 3:** Determinar la cantidad de pasta (en volumen)

Con el porcentaje de vacíos teórico ya conocido y también con el tipo de compactación, entramos al siguiente gráfico que nos proporciona la norma ACI 522R-10 y obtenemos el porcentaje de volumen de pasta de cemento y este, a su vez, se multiplicó por el volumen total de diseño.

**Figura 19**

*Relación del contenido de vacíos vs contenido de pasta de cemento en porcentaje por volumen*



**Fuente:** ACI 522R-10 (2010)

Aplicamos la siguiente fórmula:

$$V_{pasta} = V_{total} * \% Pasta$$

Donde:

- $V_{pasta}$ : Volumen de la pasta de cemento
- $\%pasta$ : Porcentaje de volumen de pasta de cemento
- $V_{total}$ : Volumen total de diseño

**Paso 4:** Determinar el contenido del cemento

Para poder determinar el contenido de cemento, utilizamos la siguiente fórmula:

$$W_c = \frac{V_{pasta}}{\left(\frac{1}{GE_c} + \frac{a}{c}\right)} \gamma_w$$

Donde:

- $V_{pasta}$ : Volumen de la pasta de cemento
- $W_c$ : Peso del cemento
- $GE_c$ : Gravedad Específica del cemento
- $a/c$ : Relación agua cemento
- $\gamma_w$ : Peso específico del agua

**Paso 5:** Calcular la cantidad de agua (Peso)

Teniendo los datos de los pasos anteriores, se halló el peso del agua con la siguiente expresión

$$W_w = W_c * a/c$$

Donde:

- $W_w$ : Peso del agua
- $a/c$ : Relación agua/cemento
- $W_c$ : Peso del cemento

**Paso 6:** Hallar la cantidad de agregado grueso y agregado fino

Este paso se efectúa sólo si se le va a añadir agregado fino a la mezcla de concreto permeable. El peso del agregado fue determinado de la siguiente manera:

$$W_{agregado\ fino} = W_{a_{h\u00famedo}} * \%Arena$$

$$W_{agregado\ grueso} = W_{a_{h\u00famedo}} * (100\% - \%Arena)$$

Donde:

- $W_{arena}$ : Peso de la arena

- Wahúmado: Peso del agregado húmedo
- Wgrava: Peso de la grava
- %arena: Porcentaje de arena

**Paso 7:** Determinar el volumen de los materiales y suma total

Conociendo los diferentes pesos de la dosificación para el concreto permeable, se calculan los volúmenes de cada material por el cual se va a formar el concreto.

De la siguiente manera:

$$V_{grava} = \frac{W_{grava}}{\gamma_{grava}} = \frac{W_{grava}}{GE_{grava} * \gamma_w}$$

$$V_{arena} = \frac{W_{arena}}{\gamma_{arena}} = \frac{W_{arena}}{GE_{arena} * \gamma_w}$$

$$V_c = \frac{W_c}{\gamma_c} = \frac{W_c}{GE_c * \gamma_w}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_{aditivo} = (0.5\% - 2\%)W_c$$

Una vez conocido los volúmenes de los materiales que van a formar el concreto permeable, se calculó el volumen total haciendo una sumatoria de estos.

Sin agregado fino:

$$V_s = V_{grava} + V_c + V_w$$

Sin fino, pero con aditivo:

$$V_s = V_{grava} + V_c + V_w + V_{aditivo}$$

Con fino y con aditivo:

$$V_s = V_{grava} + V_{arena} + V_c + V_w + V_{aditivo}$$

Donde:

- Varena: Volumen de la arena

- $V_{grava}$ : Volumen de grava
- $\gamma_w$ : Peso específico del agua
- $GE_{grava}$ : Gravedad específica de la grava
- $V_w$ : Volumen de agua
- $W_{grava}$ : Peso de grava
- $W_{arena}$ : Peso de la arena
- $W_c$ : Peso del cemento
- $GE_{arena}$ : Gravedad específica de la arena
- $V_c$ : Volumen del cemento
- $\gamma_c$ : Peso específico del cemento
- $W_w$ : Peso del agua
- $GE_c$ : Gravedad Específica del cemento
- $V_{aditivo}$ : Volumen del aditivo añadido en función del volumen del cemento (0.3% – 1.6% del peso del cemento)

**Paso 8:** Comprobación del porcentaje de vacíos

El siguiente paso tiene la finalidad de corroborar el porcentaje de vacíos teórico aplicado anteriormente, Con la siguiente fórmula:

$$\%vacíos = \frac{V_{total} - V_s}{V_{total}}$$

Donde:

- $V_{total}$ : Volumen total de diseño
- $V_s$ : Volumen de sólidos
- $\%Vacíos$ : Porcentaje de vacíos

### 3.5.4. Ensayos para el concreto en estado fresco

#### 3.5.4.1. Asentamiento (NTP 339.035)

##### 3.5.4.1.1. Descripción

Este ensayo de campo es empleado con la finalidad de hallar asentamiento del concreto y así conocer la consistencia del mismo. La consistencia de este puede variar dependiendo de la cantidad de agua y del análisis granulométrico

Recalcando que este procedimiento se siguió para determinar el asentamiento tanto del concreto patrón como de las diferentes mezclas del concreto permeable.

##### 3.5.4.1.2. Materiales

- Cono de Abrams (medidas en norma),
- Barra compactadora (medidas en norma).
- Cucharón.

##### 3.5.4.1.3. Procedimiento

- Preparado el cono de Abrams, para que el concreto no se adhiera a este, su interior se humedeció y se puso sobre una superficie plana. Seguidamente, se pisaron las aletas del cono para evitar que este se mueva y que deje salir el concreto por la base.
- Se llenó el cono de Abrams con el concreto en 3 diferentes capas, cada una de estas representa  $1/3$  del volumen total del cono. Añadiendo también que se debe compactar cada una de estas capas con ayuda de la barra compactadora dando 25 golpes en forma circular por toda la superficie de cada capa vaciada.
- Se procura que la primera capa se compacte en todo su espesor mientras que en las otras 2 superiores, la barra compactadora ingrese ligeramente a la capa inmediata anterior.
- Una vez compactada la segunda capa, se vacía la tercera un poco más del límite del cono y se procede a compactar, si una vez compactada esta capa no se logra llenar el cien por ciento del cono, se agrega un poco más de concreto y luego, utilizando la barra compactadora, se compacta y enrasa.



- Luego, se procedió a retirar el cono cuidadosamente haciendo un movimiento firme vertical unos 30 cm aproximadamente e inmediatamente se mide la altura del cono de Abrams y la altura del centro de la cara superior del concreto para calcular su diferencia

### **Figura 20**

*Asentamiento del concreto permeable usando el Cono de Abrams*



**Fuente:** Propia

**Figura 21**

*Asentamiento del concreto patrón usando el Cono de Abrams*



**Fuente:** Propia

**Tabla 16**

*Consistencia del concreto en función al asentamiento*

Consistencia	SLUMP
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	$\geq 5"$

**Fuente:** Cigeñas 2020

### **3.5.4.2. Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión (NTP 339.080)**

#### **3.5.4.2.1. Descripción**

Utilizando este ensayo de laboratorio, se determina el contenido de aire del concreto permeable y el concreto patrón. Este método nos ayuda a verificar las proporciones dadas para obtener el concreto permeable al principio, ya que por este también se puede obtener la densidad del concreto permeable.

#### **3.5.4.2.2. Materiales**

- Medidor de aire (TIPO B)
- Recipiente de medida
- Cubierta
- Tubo rociador
- Varilla de apisonamiento
- Mazo
- Barra de enrase
- Embudo
- Medidor de agua
- Cuchara

#### **3.5.4.2.3. Procedimiento**

- Se hizo limpieza de los bordes del recipiente y de la cubierta y colocarlos de tal manera que quede cerrado herméticamente.
- Cerrar la válvula principal de aire y abrir los dos grifos de la cubierta.
- Inyectar agua por un grifo utilizando una pera de agua.
- Se cerró la válvula de purga de aire en la cámara de aire y se bombeó aire dentro de esta, hasta que el manómetro marco la presión inicial.
- Dejar pasar unos segundos hasta que el aire se enfríe a temperatura normal.
- Se cerraron los dos grifos en los huecos de la cubierta y se abrió la válvula de aire.
- Se golpea unas veces el recipiente de medida con el mazo para quitar restricciones locales.

- Se procede a tomar la medida del porcentaje de aire en la cual figura en el manómetro.

**Figura 22**

*Olla de Washington para contenido de aire*



**Fuente:** Propia

**Figura 23**

*Vertiendo concreto en olla de Washington*



**Fuente:** Propia

### 3.5.5. Ensayos para el concreto en estado endurecido

#### 3.5.5.1. Permeabilidad

##### 3.5.5.1.1. Descripción:

Este ensayo se realiza al concreto permeable en estado endurecido con la ayuda de un permeámetro de carga variable con el cual se determinan el índice de permeabilidad para los diferentes tipos de mezclas de los concretos permeables.

Hay que tener en cuenta que estos índices de permeabilidad varían según el porcentaje de vacíos que presente la mezcla de concreto permeable.

##### 3.5.5.1.2. Materiales

- Cronómetro
- Permeámetro de carga variable
- Cinta métrica

##### 3.5.5.1.3. Procedimiento

- Teniendo las probetas del concreto permeable ya realizadas, se redujo la altura de una de estas en 5 cm para conseguir una muestra de 15 cm de alto y 10 cm de diámetro.
- Esta muestra se enrolló con una membrana de plástico o algún material que no permita la fuga de agua por los laterales.
- Una vez preparada la muestra, se la coloca en el permeámetro de carga variable. Para evitar posteriores fugas, se utilizó teflón en la unión.
- Se coloca la parte superior del permeámetro, en nuestro caso usamos un tubo de 4", y se unió a la muestra con ayuda de teflón.
- Se saturó la muestra hasta llegar a una  $h_1$ , para nuestro caso, consideramos una altura de 30 cm
- Se abrió la válvula y en el momento que comenzó la descarga comenzó el conteo del cronómetro.
- El ensayo concluyó cuando el agua rebalsó el tubo, posteriormente se midió la altura  $h_2$ .

**Figura 24**

*Permeámetro de carga variable*



**Fuente:** Propia



### 3.5.5.2. Elaboración de probetas de concreto

Para la realización de este ensayo, nos guiaremos de la NTP 339.033

#### 3.5.5.2.1. Descripción

Para la elaboración de estas probetas, se hará todo lo indicado en la norma que incluye pasos específicos para la elaboración, curado, protección y transporte de cada uno de las probetas de concreto.

#### 3.5.5.2.2. Materiales

- Moldes de 20 cm de alto y 10 cm de diámetro de algún material que no reaccione con el concreto, puede ser acero o fierro fundido, entre otros.
- Moldes rectangulares de 15 cm x 15 cm de sección transversal y 45 cm de largo para el moldeo de las vigas de concreto.
- Varilla compactadora con punta semi esférica

**Tabla 17**

*Características de la varilla compactadora*

Diámetro del cilindro o ancho de la viga (mm)	Dimensiones de la varilla	
	Diámetro (mm)	Longitud de la varilla (mm)
<150	10	300
150	16	500
225	16	650

Tolerancia de la longitud +- 100 mm y tolerancia del diámetro +- 2 mm

**Fuente:** NTP 339.033

- Cucharón
- Pala
- Martillo con cabeza de caucho o goma con la masa especificada en la norma

## Figura 25

*Dimensiones del molde de probetas cilíndricas*



Fuente: Propia

## Figura 26

*Moldes para probeta cilíndricas*



Fuente: Propia



## Figura 27

### *Molde de vigas*



**Fuente:** Propia

#### 3.5.5.2.3. Procedimiento

- Asegurar que las paredes del molde y la base de este no presenten protuberancias para luego engrasarlas con un desmoldante o con petróleo.
- En una superficie nivelada y plana que no esté sometida a vibraciones, se pone el molde.
- Como el molde es de 10 cm de diámetro, se colocó una capa de concreto igual a la mitad de la altura total del recipiente para luego apisonarla por toda su área con la varilla compactadora de manera helicoidal con un total de 25 golpes.
- Luego de apisonar el concreto, se golpeó las paredes del molde con el martillo entre 10 a 15 veces.
- Estos 2 pasos se realizaron de igual manera para la siguiente capa.
- Si existe un excedente de concreto al finalizar el apisonado de la última capa, enrasar con ayuda de la varilla compactadora.

**Figura 28***Probetas de concreto finalizadas***Fuente:** Propia

- Para el curado inicial de los especímenes de concreto, se tienen que almacenar en un lugar fresco con temperaturas que varíen entre los 16<sup>a</sup> y 27<sup>o</sup>c por un periodo máximo de 48 hrs.
- Recalcando que estos especímenes no tienen que estar expuestos a la luz solar y de la radiación emitida de artefactos de calefacción (si es que hubieran).
- Para el curado final, los especímenes se desencofran y hay un tiempo máximo igual a 30 minutos para poder sumergirlos en agua. El tiempo que estos permanezcan sumergidos será especificado en el ensayo de resistencia que se les va a aplicar, teniendo en cuenta que deben ser retirados del agua de 8 a 24 horas antes de realizarles el respectivo ensayo.

**Figura 29**

*Curado de las probetas de concreto*



**Fuente:** Propia

- Para las vigas de concreto, se vació el concreto hasta la mitad del molde para luego proceder con los 30 golpes utilizando la varilla.
- Luego del paso anterior, se golpeó las paredes del molde con el martillo de goma de 10 a 15 veces.
- Se repite ambos pasos para la siguiente capa de concreto vaciada en el molde de la viga.
- Si existe un exceso de concreto, se enrasa con ayuda de la misma varilla metálica.

**Figura 30**

*Curado de las vigas de concreto*



**Fuente:** Propia

### 3.5.5.3. Ensayo de resistencia a la compresión

Para realizar este ensayo, nos guiaremos de la NTP 339.034

#### 3.5.5.3.1. Descripción

Este ensayo se realiza aplicando una carga axial a los especímenes de concreto elaborado en el ensayo anterior. La resistencia a la compresión de la muestra es determinada dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área de la sección transversal de este.

#### 3.5.5.3.2. Materiales

- Prensa hidráulica debidamente calibrada.
- Vernier.
- Platos de retención colocados a ambas caras del espécimen de concreto.

#### 3.5.5.3.3. Procedimiento

- Se retiró el espécimen del poso de curado y se dejó secar por un lapso de tiempo entre 8 a 24 horas.
- Medir el diámetro longitudinal y transversal de este espécimen para obtener el diámetro promedio.
- Se colocó los platos a cada uno de los extremos del espécimen, para luego ser insertado a la prensa hidráulica.
- Se verificó que el marcador indique una carga de 0kg al inicio de la prueba para evitar errores.
- Se aplica una carga continua y uniforme hasta que el espécimen falle. Recalcando que la velocidad con la que se aplica la carga debe ser de  $2.55 \pm 0.51 \text{ kg/cm}^2/\text{s}$ .
- La resistencia a la compresión de este se obtuvo dividiendo la carga de falla entre el área de la sección transversal del espécimen.



**Figura 31**

*Probeta de concreto permeable en la prensa hidráulica*



**Fuente:** Propia

**Figura 32**

*Probeta de concreto patrón en la prensa hidráulica*



**Fuente:** Propia

### 3.5.5.4. Ensayo de resistencia a la Flexión del Concreto en Vigas

Para realizar este ensayo, nos guiaremos de la NTP 339.078

#### 3.5.5.4.1. Descripción

Este ensayo se realiza aplicando una carga axial a los tercios de la luz del espécimen de concreto elaborado en el ensayo antes mencionado. La resistencia a la flexión de la muestra es determinada a partir de la división de la carga x longitud de separación de apoyos y dividida entre el ancho por el alto al cuadrado de la viga.

#### 3.5.5.4.2. Materiales

- Prensa Hidráulica digital para Flexión de vigas de Concreto.
- Wincha

#### 3.5.5.4.3. Procedimiento

- Se retiró el espécimen del pozo donde se estaban curando las probetas y se dejó secar por un lapso de tiempo entre 8 a 24 horas.
- Medimos 15 cm de un extremo de la viga hacia la parte central, luego se marcó, repetimos el mismo procedimiento en el extremo opuesto.
- Colocamos la viga en el interior de la prensa hidráulica y verificamos que ambos extremos de esta reposen sobre los apoyos a una distancia de 2.5 cm o mayor con referencia a las líneas marcadas de apoyo. Se debe enfilar las líneas rectas con las secciones de carga.
- Se aplicó una carga continua y uniforme hasta que el espécimen fallo. Recalcando que la velocidad con la que se aplica la carga debe estar comprendida entre 9.18 kg/cm<sup>2</sup>/min y 12.24 kg/cm<sup>2</sup>/min
- Registramos la carga máxima (P) la cual esta expresada en kg.

#### 3.5.5.4.4. Cálculos

$$MR = \frac{\text{Carga} \times \text{Long. de Separación en Apoyos}}{\text{Ancho} \times \text{Alto}^2}$$

Donde:

- MR: Módulo de Rotura (kg/cm<sup>2</sup>)
- Ancho: promedio de los anchos de las dos partes de la viga en cm
- Alto: Promedio de la altura de las dos partes de la viga en cm

- Longitud de Separación a los Apoyos en cm

### Figura 33

*Viga en Prensa Hidráulica para Flexión*



**Fuente:** Propia

### Figura 34

*Rotura de Viga concreto patrón - permeable*



**Fuente:** Propia



## IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1. Análisis granulométrico

##### 4.1.1.1. Agregado grueso

- En la siguiente tabla, se presenta el resumen con los resultados obtenidos luego de realizar el ensayo del análisis granulométrico para agregado grueso

**Tabla 18**

*Resultados del análisis granulométrico del agregado grueso*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa
1½"	37.50				
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0
¾"	19.00	162	3.2	3.2	96.8
½"	12.50	2830	55.9	59.1	40.9
3/8"	9.50	1617	31.9	91.0	9.0
N°4	4.75	425	8.4	99.4	0.6
N°8	2.36	23	0.5	99.9	0.1
N°16	1.18		0.0	99.9	0.1
Fondo	-	5	0.1	100.0	0.0
		<b>5062</b>	<b>100.0</b>		

**Fuente:** Propia

- Para realizar el cálculo del módulo de finura, se utiliza la siguiente fórmula

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido Acumulado en los tamices } (1\frac{1}{2}" , 3/4" , 3/8" , \#4 , \#8 , \#16 , \#30 , \#50 , \#100)}{100}$$

TMN	3/4"
MF	6.93

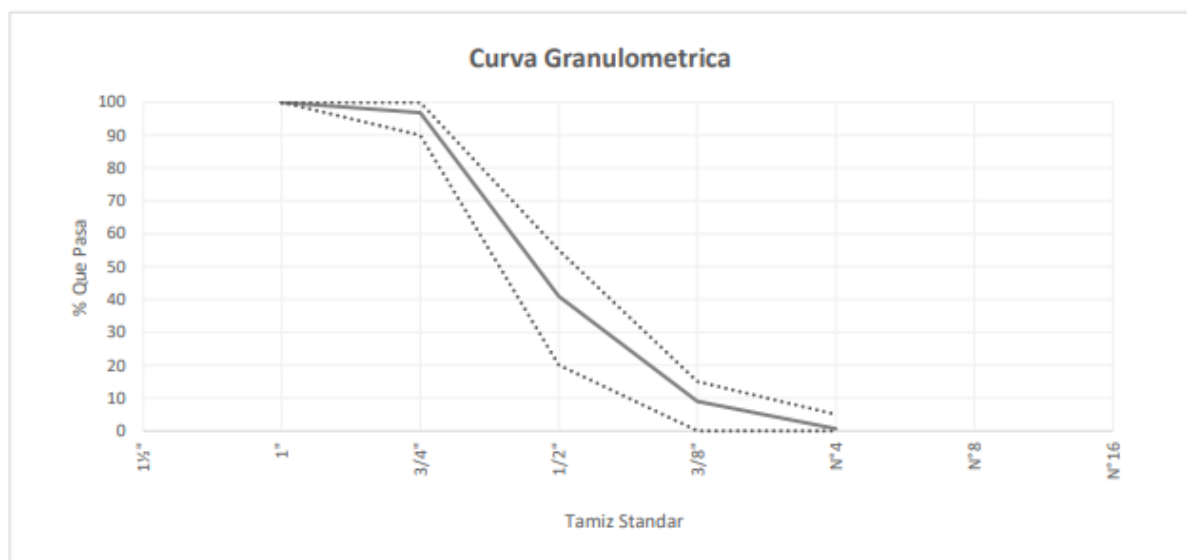
- A continuación, se presentan los límites granulométricos para el agregado grueso en la siguiente tabla

**Tabla 19***Límites granulométricos para el agregado grueso*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Limites Huso 6 (NTP 400.037)	
						Minimo	Maximo
1½"	37.50						
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100
¾"	19.00	162	3.2	3.2	96.8	90	100
½"	12.50	2830	55.9	59.1	40.9	20	55
⅜"	9.50	1617	31.9	91.0	9.0	0	15
N°4	4.75	425	8.4	99.4	0.6	0	5
N°8	2.36	23	0.5	99.9	0.1		
N°16	1.18		0.0	99.9	0.1		
Fondo	-	5	0.1	100.0	0.0		
		<b>5062</b>	<b>100.0</b>				

**Fuente:** Propia

- Como resultado final, del análisis granulométrico realizado al agregado grueso, se presenta el siguiente cuadro

**Figura 35***Curva granulométrica del agregado grueso***Fuente:** Google imágenes

- Habiendo realizado el análisis completo, se da a conocer que el agregado grueso cumple con lo estipulado en la NTP 400.012

#### 4.1.1.2. Agregado Fino

- En la siguiente tabla, se presenta el resumen con los resultados obtenidos luego de realizar el ensayo del análisis granulométrico para agregado fino.

**Tabla 20**

*Resultados del análisis granulométrico del agregado fino*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
N°4	4.750	22.1	1.8	1.8	98.2
N°8	2.360	168.6	13.7	15.5	84.5
N°16	1.180	340.9	27.8	43.3	56.7
N°30	0.600	356.4	29.0	72.3	27.7
N°50	0.300	182.2	14.8	87.1	12.9
N°100	0.150	102.7	8.4	95.5	4.5
N°200	0.075	38.3	3.1	98.6	1.4
Fondo	-	16.8	1.4	100.0	0.0
		<b>1228.0</b>	<b>100</b>		

**Fuente:** Propia

- Con la siguiente fórmula, se calcula el módulo de finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{retenido Acumulado en los tamices } (1\frac{1}{2}" , 3/4" , 3/8" , \#4 , \#8 , \#16 , \#30 , \#50 , \#100)}{100}$$

MF	3.16
----	------

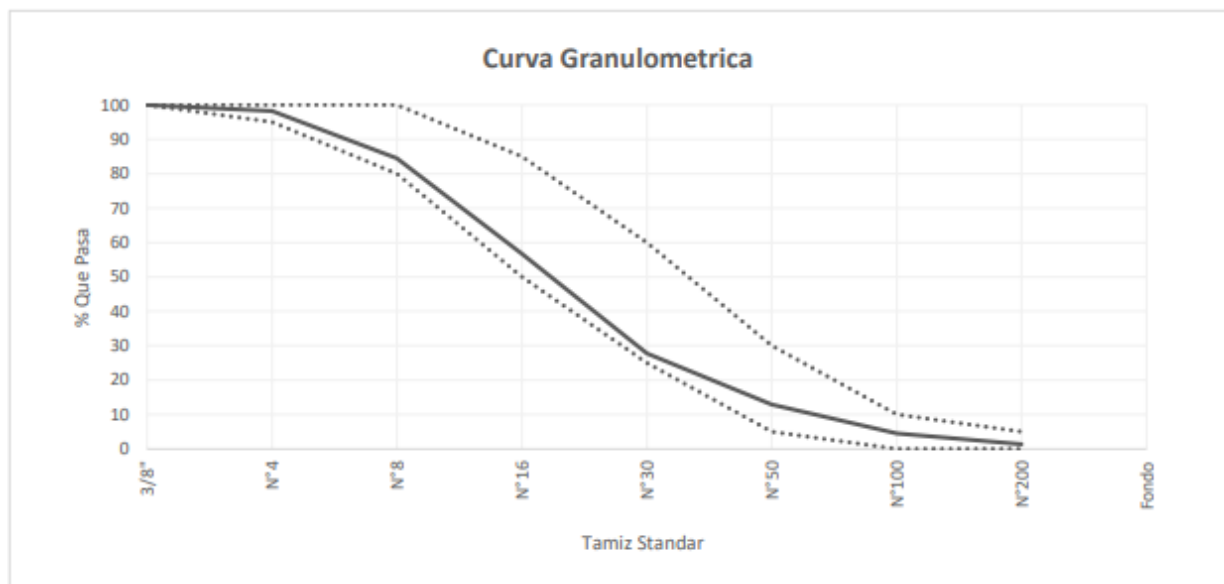
- En la siguiente tabla, se presentan los límites granulométricos para el agregado fino.

**Tabla 61***Límites granulométricos para el agregado fino*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)	
						Minimo	Maximo
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
N°4	4.750	22.1	1.8	1.8	98.2	95	100
N°8	2.360	168.6	13.7	15.5	84.5	80	100
N°16	1.180	340.9	27.8	43.3	56.7	50	85
N°30	0.600	356.4	29.0	72.3	27.7	25	60
N°50	0.300	182.2	14.8	87.1	12.9	5	30
N°100	0.150	102.7	8.4	95.5	4.5	0	10
N°200	0.075	38.3	3.1	98.6	1.4	0	5
Fondo	-	16.8	1.4	100.0	0.0		
		<b>1228.0</b>	<b>100</b>				

**Fuente:** Propia

- De todo el análisis realizado, se obtiene el siguiente cuadro

**Figura 36***Curva granulométrica del agregado fino***Fuente:** Propia

- Conociendo los resultados, se deduce que el agregado fino cumple con las especificaciones de la NTP 400.012

#### 4.1.2. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021)

- Luego de realizar el ensayo de laboratorio, se obtuvieron los siguientes datos de la primera prueba:

- $W_{muestra\ seca} = 3029\text{ gr (A)}$
- $W_{Saturado\ Superficialmente\ seco} = 3062\text{ gr (B)}$
- $W_{muestra\ sumergida} = 1944\text{ gr (C)}$

Y los siguientes datos de la segunda prueba:

- $W_{muestra\ seca} = 3011\text{ gr (A)}$
- $W_{Saturado\ Superficialmente\ seco} = 3040\text{ gr (B)}$
- $W_{muestra\ sumergida} = 1937\text{ gr (C)}$
- 

- Para realizar los cálculos respectivos, se necesitan las siguientes fórmulas.

Para la primera prueba se tomaron los siguientes datos:

- $Peso\ Específico\ de\ Masa\ (PEM) = \frac{A}{(B-C)} = \frac{3029}{(3062-1944)} =$

$$2.71\text{ gr/cm}^3$$

- $Peso\ Específico\ de\ Masa\ Saturada\ con\ Superficie\ seca\ (PeSSS) =$

$$\frac{B}{(B-C)} = \frac{3062}{(3062-1944)} = 2.74\text{ gr/cm}^3$$

- $Absorción\ (Ab) = \frac{B-A}{A} * 100 = \frac{3062-3029}{3029} * 100 = 1.09\%$

Para la segunda prueba se tomaron los siguientes datos:

- $Peso\ Específico\ de\ Masa\ (PEM) = \frac{A}{(B-C)} = \frac{3011}{(3040-1937)} =$

$$2.73\text{ gr/cm}^3$$

- $Peso\ Específico\ de\ Masa\ Saturada\ con\ Superficie\ seca\ (PeSSS) =$

$$\frac{B}{(B-C)} = \frac{3040}{(3040-1937)} = 2.76\text{ gr/cm}^3$$

- $Absorción\ (Ab) = \frac{B-A}{A} * 100 = \frac{3040-3011}{3011} * 100 = 1.00\%$

- Para finalizar, presentamos la siguiente tabla resumen con el resultado de los cálculos obtenidos

**Tabla 72**

*Resultados de ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Promedio</b>
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3,029	3,011	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3,062	3,040	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,944	1,937	
<b>Peso específico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.71	2.73	<b>2.72</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.74	2.76	2.75
<b>Absorción</b>	%	1.1	1.0	<b>1.1</b>

**Fuente:** Propia

#### 4.1.3. Ensayo de Densidad, Densidad relativa (Peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022)

- Una vez realizados los ensayos, tenemos los siguientes datos de la prueba uno:

- $W_{muestra\ seca} = 498.2\text{ gr (A)}$
- $W_{agua+picnómetro} = 669.0\text{ gr (B)}$
- $W_{agua+picnómetro+muestra} = 983.7\text{ gr (C)}$
- $W_{saturado\ superficialmente\ seco} = 504.3\text{ gr (S)}$

- Y los siguientes datos para la prueba dos:

- $W_{muestra\ seca} = 493.3\text{ gr (A)}$
- $W_{agua+picnómetro} = 669.0\text{ gr (B)}$
- $W_{agua+picnómetro+muestra} = 979.9\text{ gr (C)}$
- $W_{saturado\ superficialmente\ seco} = 499.6\text{ gr (S)}$

- Para realizar los cálculos respectivos, se reemplazan en las siguientes fórmulas, de la primera prueba:

- $Densidad\ Relativa\ (OD) = \frac{498.2}{(669+504.3-983.7)} = 2.63\text{ gr/cm}^3$

- $Densidad\ Relativa\ (SSD) = \frac{504.3}{(669+504.3-983.7)} = 2.66\text{ gr/cm}^3$

- $Absorción\ (Ab) = 100 * [(S - A)/A] = 100 * \frac{504.3-498.2}{498.2} =$

1.2 %

- Y de la segunda prueba:

- $Densidad\ Relativa\ (OD) = \frac{493.3}{(669+499.6-979.9)} = 2.61\text{ gr/cm}^3$

- $Densidad\ Relativa\ (SSD) = \frac{499.6}{(669+499.6-979.9)} = 2.65\text{ gr/cm}^3$

- $Absorción\ (Ab) = 100 * [(S - A)/A] = 100 * \frac{499.6-493.3}{493.3} =$

1.3 %

- Para finalizar, presentamos la siguiente tabla resumen con el resultado de los cálculos obtenidos

**Tabla 83**

*Resultados de ensayo de densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	498.2	493.3	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	669.0	669.0	
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	983.7	979.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	504.3	499.6	
<b>Peso específico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.63	2.61	<b>2.62</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.65	2.66
<b>Absorción</b>	%	1.2	1.3	<b>1.3</b>

**Fuente:** Propia



**4.1.4.** Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017) Este ensayo se realizó para determinar el Peso Unitario Suelto (PUS) y Peso Unitario Compactado (PUC) Tanto del agregado grueso como del agregado fino, de la siguiente manera

- Agregado fino – prueba 1:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 14.633 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 16.043 kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 11.058 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 12.468 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>
- Agregado fino – prueba 2:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 14.670 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 16.095 kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 11.095 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 12.520 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>
- Agregado fino – prueba 3:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 14.801 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 16.012 kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 11.266 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 12.437 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>

$$PUC = \frac{(\text{Peso del molde} + \text{muestra compactada}) - \text{peso del molde}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$PUC - \text{prueba 1} = 1769 \text{ kg/m}^3$$

$$PUC - \text{prueba 2} = 1776 \text{ kg/m}^3$$

$$PUC - \text{prueba 3} = 1764 \text{ kg/m}^3$$

$$PUS = \frac{(\text{Peso del molde} + \text{muestra suelta}) - \text{peso del molde}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$PUS - \text{prueba 1} = 1569 \text{ kg/m}^3$$

$$PUS - \text{prueba 2} = 1574 \text{ kg/m}^3$$

$$PUS - \text{prueba 3} = 1592 \text{ kg/m}^3$$

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados

**Tabla 24**

*Resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.633	14.670	14.801	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	16.043	16.095	16.012	
Peso de recipiente	kg	3.575	3.575	3.575	
Peso de muestra en estado suelto	kg	11.058	11.095	11.226	
Peso de muestra en estado compactado	kg	12.468	12.520	12.437	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,569	1,574	1,592	<b>1,578</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,769	1,776	1,764	<b>1,770</b>

**Fuente:** Propia

- Agregado Grueso – prueba 1:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 13.894 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 14.965 kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 10.319 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 11.390 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>
- Agregado Grueso – prueba 2:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 13.933 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 14.996kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 10.358 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 11.421 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>

- Agregado Grueso – prueba 2:
  - Peso del recipiente + muestra suelta = 13.898 kg
  - Peso del recipiente + muestra compactada = 14.952 kg
  - Peso del molde Vacío = 3.575 kg
  - Peso Inicial del agregado suelto = 10.323 kg
  - Peso inicial del agregado compactado = 11.377 kg
  - Volumen del Recipiente= 0.0071 m<sup>3</sup>

$$PUC = \frac{(\text{Peso del molde} + \text{muestra compactada}) - \text{peso del molde}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$PUC - \text{prueba 1} = 1616 \text{ kg/cm}^3$$

$$PUC - \text{prueba 2} = 1620 \text{ kg/cm}^3$$

$$PUC - \text{prueba 3} = 1614 \text{ kg/cm}^3$$

$$PUS = \frac{(\text{Peso del molde} + \text{muestra suelta}) - \text{peso del molde}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$PUS - \text{prueba 1} = 1464 \text{ kg/cm}^3$$

$$PUS - \text{prueba 2} = 1469 \text{ kg/cm}^3$$

$$PUS - \text{prueba 3} = 1464 \text{ kg/cm}^3$$

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados

**Tabla 25**

*Resultados del ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado grueso*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	13.894	13.933	13.898	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	14.965	14.996	14.952	
Peso de recipiente	kg	3.575	3.575	3.575	
Peso de muestra en estado suelto	kg	10.319	10.358	10.323	
Peso de muestra en estado compactado	kg	11.390	11.421	11.377	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,464	1,469	1,464	<b>1,466</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,616	1,620	1,614	<b>1,617</b>

**Fuente:** Propia

#### 4.1.5. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185)

Este ensayo se utilizó para determinar el contenido de humedad tanto del agregado grueso como del agregado fino, de la siguiente manera

- Agregado Fino – prueba 1
  - Peso seco de la muestra (D) = 1083.8 gr
  - Peso húmedo de la muestra (W)= 1089.3 gr
- Agregado Fino – prueba 2
  - Peso seco de la muestra (D) = 1096.8 gr
  - Peso húmedo de la muestra (W)= 1101.3 gr

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{100 (W - D)}{D}$$

$$\text{Contenido de Humedad} - \text{prueba 1} = 0.5 \%$$

$$\text{Contenido de Humedad} - \text{prueba 2} = 0.4 \%$$

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados

**Tabla 26**

*Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado fino*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	117.3	116.9	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	1,206.6	1,218.2	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,201.1	1,213.7	
Peso de muestra húmeda	gr	1,089.3	1,101.3	
Peso de muestra seca	gr	1,083.8	1,096.8	
Peso de agua	gr	5.5	4.5	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.5	0.4	<b>0.5</b>

**Fuente:** Propia

- Agregado Grueso – prueba 1
  - Peso seco de la muestra (D) = 3147 gr
  - Peso húmedo de la muestra (W)= 3164 gr
- Agregado Grueso – prueba 2
  - Peso seco de la muestra (D) = 3132 gr
  - Peso húmedo de la muestra (W)= 3145 gr

$$\text{Contenido de Humedad} = \frac{100 (W - D)}{D}$$

$$\text{Contenido de Humedad} - \text{prueba 1} = 0.5 \%$$

$$\text{Contenido de Humedad} - \text{prueba 2} = 0.4 \%$$

A continuación, se presenta una tabla resumen con los resultados

**Tabla 27**

*Resultados del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	262	258	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	3,426	3,403	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,409	3,390	
Peso de muestra húmeda	gr	3,164	3,145	
Peso de muestra seca	gr	3,147	3,132	
Peso de agua	gr	17	13	
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>0.5</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>

**Fuente:** Propia

#### 4.1.6. Diseño de mezcla

##### 4.1.6.1. Diseño de mezcla del concreto patrón

Comenzando por el diseño de mezcla del concreto patrón (concreto convencional) realizado con cemento Pacasmayo tipo I, se ha calculado el siguiente diseño de mezcla

**Tabla 28**

*Datos para el diseño de mezcla del concreto patrón*

Agregados		
Agregado	Grueso	Fino
Cantera	El León	El león
T.M.N	3/4"	-
Módulo de fineza	6.93	3.16
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.72	2.62
Contenido de humedad (%)	0.5	0.5
% de absorción	1.1	1.3
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.466	1.578
Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1.617	1.77

**Fuente:** Propia

Siguiendo los pasos anteriormente mencionados, comenzamos por elegir la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ ) con ayuda de la siguiente tabla

**Tabla 29**

*Elección de la resistencia promedio ( $f'_{cr}$ )*

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

**Fuente:** ACI 211.1

Debido a que la resistencia propuesta para el concreto patrón es de 280 kg/cm<sup>2</sup>, se consideró el  $f'_{cr}$  de la siguiente manera

$$f'_{cr} = 280 + 84 = 364 \frac{kg}{cm^2}$$

Continuando con el paso n°2 tenemos la elección del asentamiento, debido a que es un concreto utilizado para pavimentos, se ha elegido (desde la tabla proporcionada del ACI) un slump de 7.5 cm (3 plg).

Ahora, para continuar con el paso n°3, nos guiamos del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso que es de ¾" entonces, de la tabla dada por el ACI, obtenemos un % de aire atrapado de **2**.

Según el paso n°4, conociendo el Slump del concreto, que en nuestro caso es de 3", y el TMN del agregado grueso, que es de ¾", y sabiendo que al concreto patrón no se le añadirá aire incorporado, obtenemos un total de 205 lt/m<sup>3</sup> para el volumen de agua de la mezcla en base a la tabla 10, presentada anteriormente.

Para el paso n°5 que es calcular la relación agua/cemento, nos guiamos de la tabla 11 e interpolamos para obtener la relación a/c del concreto patrón el cual no tiene aire incorporado, de la siguiente manera:

$$350 \rightarrow 0.48$$

$$364 \rightarrow X$$

$$400 \rightarrow 0.43$$

Despejando, obtenemos que  $X = 0.466$  y conociendo el agua para la mezcla igual a 205 podemos despejar la cantidad de cemento el cual vendría a ser el paso n°6, para calcular el peso del cemento, se realizó el siguiente cálculo:

$$\frac{205}{0.466} = C (kg) = 439.91 \text{ kg de cemento}$$

Y, si dividimos este peso total del cemento entre el peso de una bolsa de cemento (42.5 kg), tenemos la cantidad de bolsas la cual sería 10.35 bls.

Una vez conocida la cantidad de cemento, procedemos con el paso n°7 que es calcular la cantidad de agregado fino y grueso para la mezcla, comenzaremos por el agregado grueso.

Para esto, necesitamos conocer el módulo de finura del agregado fino, para nuestro caso, consideraremos un módulo de finura igual a **3.16**. Con este dato y el TMN que es de  $\frac{3}{4}$ ", entramos a la tabla 13, procedemos a interpolar con nuestros datos de la siguiente manera:

$$3 \rightarrow 0.60$$

$$3.16 \rightarrow X$$

y obtuvimos un valor igual a 0.632 el cual se multiplico por el PUC del agregado grueso y obtuvimos un peso total del agregado igual a 1021.944 kg.

Para la estimación del peso del agregado fino, según el paso n°8, se tienen dos métodos los cuales son Método de los volúmenes absolutos y Método de los pesos. A continuación, calcularemos esto por ambos métodos y se seleccionará el menor peso.

- Método de los pesos

Para este método, se estima el peso del concreto con la ayuda de la siguiente tabla

**Tabla 30**

*Estimación del peso del concreto según el TMN del agregado grueso.*

T.M.N. del agregado	Peso del concreto	
	Sin aire (kg/m <sup>3</sup> )	con aire (kg/m <sup>3</sup> )
3/8"	2280	2200
1/2"	2310	2230
3/4"	2345	2275
1"	2380	2290
1 1/2"	2410	2350
2"	2445	2345
3"	2490	2405
6"	2530	2435

**Fuente:** ACI 211.1



Conociendo estos datos, obtenemos un peso total del concreto de 2345 kg/m<sup>3</sup>

$$P_{total\text{concreto}} - (P_{agua} + P_{cemento} + P_{A.G.}) = P_{fino}$$

$$2345 - (205 + 439.91 + 1021.944) = 678.14 \text{ kg de fino}$$

- Método de volúmenes absolutos

Para este método, es necesario calcular el volumen de cada elemento del concreto, de la siguiente manera

$$V_{cemento} = \frac{P_{cemento}}{Densidad} = \frac{439.91 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.14 \text{ m}^3$$

$$V_{agua} = \frac{P_{agua}}{Densidad} = \frac{205}{1000} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$V_{aire} = \frac{\%aire}{Densidad} = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V_{a.grueso} = \frac{P_{a.grueso}}{Densidad} = \frac{1021.944 \text{ kg}}{2720 \text{ kg/m}^3} = 0.38 \text{ m}^3$$

Para calcular el peso del agregado fino, se usa la siguiente fórmula

$$V_{fino} = 1 - (V_{cemento} + V_{agua} + V_{aire} + V_{a.grueso})$$

$$V_{fino} = 1 - (0.14 + 0.205 + 0.02 + 0.38) = 0.26 \text{ m}^3$$

Y este se multiplica por su respectiva densidad

$$0.26 \text{ m}^3 * \left(2620 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 693.33 \text{ kg}$$

Teniendo los resultados de cada uno de los métodos, se eligió el menor de estos para realizar los cálculos posteriores. En este caso será un peso del agregado fino igual a 678.14 kg.

Una vez calculado los pesos de los agregados, se tiene que hacer el reajuste por humedad de los agregados, según el paso n°9, ya que estos modificarán la relación a/c de la mezcla si es que están en estado seco o húmedo, por lo que se calculó los nuevos pesos de estos de la siguiente manera

- Agregado fino

$$P_{a.f.final} = P_{a.f.seco} * \left(1 + \frac{\text{contenido de humedad (\%)}}{100}\right)$$

Reemplazando en la fórmula

$$P_{a.f.final} = 678.14 * \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 681.53 \text{ kg}$$

- Agregado grueso

$$P_{a.g.final} = P_{a.g.seco} * \left(1 + \frac{\text{contenido de humedad (\%)}}{100}\right)$$

Reemplazando en la fórmula

$$P_{a.g.final} = 1021.94 * \left(1 + \frac{0.5}{100}\right) = 1027.05 \text{ kg}$$

Calculados los pesos corregidos de los agregados, se procedió a calcular la corrección para el agua neta de diseño el cual sería el paso n°10.

- Agregado fino

$$X = P_{a.f.seco} * \left(\frac{\%w - \%Abs}{100}\right)$$

Reemplazando en la fórmula

$$X = 678.14 * \left(\frac{0.5 - 1.3}{100}\right) = -5.43 \text{ lts}$$

- Agregado grueso

$$Y = P_{a.g.seco} * \left(\frac{\%w - \%Abs}{100}\right)$$

Reemplazando en la fórmula

$$Y = 1021.94 * \left(\frac{0.50 - 1.10}{100}\right) = -6.13 \text{ lts}$$

Calculados los factores de corrección para el agua neta de diseño, aplicamos la siguiente fórmula

$$A_{NE} = A_{diseño} - (X + Y)$$

$$A_{NE} = 205 - (-5.43 + (-6.13)) = 216.56 \text{ Lts}$$

Y para concluir el diseño de mezcla, presentamos la dosificación del concreto patrón de la siguiente manera

C: AF: AG/AGUA

$$\frac{439.91}{439.91} : \frac{681.53}{439.91} : \frac{1027.05}{439.91} / \frac{216.56}{439.91} * 42.5$$

$$1: 1.5: 2.33/20.92 \frac{\text{Lts}}{\text{bls}}$$

Una vez realizado el diseño de mezcla, se opta por utilizar un aditivo plastificante (SIKACEM plastificante) considerando la dosificación recomendada en la ficha técnica de este.

#### 4.1.6.2. Diseño de mezcla del concreto permeable

- Diseño de mezcla n°2 “concreto permeable 1”

Para empezar con el diseño de mezcla del concreto permeable 1, necesitamos saber algunos datos representados en la siguiente tabla

**Tabla 31**

*Datos requeridos para diseño de mezcla n°2 “concreto permeable 1”*

DATOS	
% ABSORCIÓN A.G.	1.1
PESO ESPECÍFICO CEMENTO (Kg/m <sup>3</sup> )	3120
PESO ESPECÍFICO A.G. (kg/m <sup>3</sup> )	2720
PESO ESPECÍFICO A.F. (kg/m <sup>3</sup> )	2620
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (kg/m <sup>3</sup> )	1000
% Agregado fino	10
Volumen total de diseño (m <sup>3</sup> )	1
PESO UNITARIO COMPACTADO A.G (kg/m <sup>3</sup> )	1617
volumen de vacios teórico (%)	15
Relación agua/cemento (a/c)	0.3
N° Huso del agregado	67

**Fuente:** Propia

Se ha elegido una relación a/c de 0.3 debido a que, el ACI 522r-10 nos indica: “La experiencia ha demostrado que la relación a/c en el rango de 0.26 a 0.45 provee una buena cohesión entre el agregado y el cemento” (2010, p. 13).

Debido a esta condición que nos indica el ACI, hemos elegido una relación de 0.3 y 0.4 para el diseño del concreto permeable 1 y permeable 2 respectivamente.

Conociendo los datos requeridos, empezamos por el paso n°1 que es determinar el peso del agregado grueso, el cual realizaremos con la ayuda de la “Tabla 15” obteniendo la relación  $b/b_0$  igual a 0.93.

Una vez conocido este valor, reemplazamos en la siguiente fórmula

$$W_{a_{seco}} = PU_{grava} * \frac{b}{b_0} * V_{total}$$

$$W_{a_{seco}} = 1617 * 0.93 * 1$$

$$W_{a_{seco}} = 1503.81 \text{ kg}$$

Teniendo el peso del agregado grueso, seguimos con el paso n°2 el cual es ajuste del peso del agregado. El cual se logra a partir de la siguiente fórmula:

$$W_{a_{húmedo}} = W_{a_{seco}} * \% Abs$$

Reemplazando

$$W_{a_{húmedo}} = 1503.91 * 1.10$$

$$W_{a_{húmedo}} = 1520.35 \text{ kg}$$

Continuando con el paso n°3 el cual es determinar el volumen de la pasta y con ayuda de la “Figura 19” conociendo que se requiere el concreto permeable con un % de vacíos igual al 15%, determinamos que el % de pasta es igual a 20%, entonces aplicamos la siguiente fórmula

$$V_{pasta} = V_{total} * \% Pasta$$

Reemplazando

$$V_{pasta} = 1 \text{ m}^3 * 0.20$$

$$V_{pasta} = 0.20 \text{ m}^3$$

El paso n°4 consiste en determinar el peso del cemento a utilizar con la ayuda de la siguiente fórmula

$$W_c = \frac{V_{pasta}}{\left(\frac{1}{GE_c} + \frac{a}{c}\right)} \gamma_w$$

Reemplazando

$$W_c = \frac{0.20m^3}{\left(\frac{1}{3.12} + 0.30\right)} * 1000$$

$$W_c = 322.314 \text{ kg}$$

Para el paso n°5, el cual es determinar el peso del agua, utilizamos la siguiente fórmula

$$W_w = W_c * \frac{a}{c}$$

Reemplazando

$$W_w = 322.314 * 0.3$$

$$W_w = 96.964 \text{ kg}$$

El paso n°6 consiste en determinar los pesos de los agregados teniendo en cuenta que al principio se ha considerado un porcentaje de 10% para el agregado fino. Utilizamos las siguientes fórmulas

$$W_{\text{agregado fino}} = W_{\text{húmedo}} * \% \text{Arena}$$

$$W_{\text{agregado grueso}} = W_{\text{húmedo}} * (100\% - \% \text{Arena})$$

Reemplazando

$$W_{\text{agregado fino}} = 1520.35 * \left(\frac{0.10}{100}\right)$$

$$W_{\text{agregado fino}} = 152.04 \text{ kg}$$

$$W_{\text{agregado grueso}} = 1520.35 * (100\% - 10\%)$$

$$W_{\text{agregado grueso}} = 1368.32 \text{ kg}$$

Para realizar el paso n°7, el cual es determinar los volúmenes de los sólidos, nos apoyamos de las siguientes fórmulas

$$V_{grava} = \frac{W_{grava}}{\gamma_{grava}}$$

$$V_{arena} = \frac{W_{arena}}{\gamma_{arena}}$$

$$V_c = \frac{W_c}{\gamma_c}$$

$$V_w = \frac{W_w}{\gamma_w}$$

$$V_{aditivo} = (0.3\% - 1.6\%) W_c$$

Reemplazando:

$$V_{grava} = \frac{1520.35 \text{ kg}}{2720 \text{ kg/m}^3} = 0.559$$

$$V_{arena} = \frac{152.04}{2620} = 0.058$$

$$V_c = \frac{322.314 \text{ kg}}{3120 \text{ kg/m}^3} = 0.10$$

$$V_w = \frac{96.694}{1000} = 0.097$$

$$V_{aditivo} = (1.2\%) * 322.314 \text{ kg} = 3.87 \text{ kg}$$

Hallando el volumen total de los sólidos con la siguiente fórmula

$$V_s = V_{grava} + V_{arena} + V_c + V_w + V_{aditivo}$$

Reemplazando

$$V_s = 0.559 + 0.058 + 0.10 + 0.097 + 3.87$$

$$V_s = 0.821 \text{ m}^3$$

Para finalizar, en el paso n°8 se corroboró que el porcentaje de vacíos de diseño sea igual o parecido al porcentaje final obtenido, con la ayuda de la siguiente fórmula

$$\%vacíos = \frac{V_{total} - V_s}{V_{total}}$$

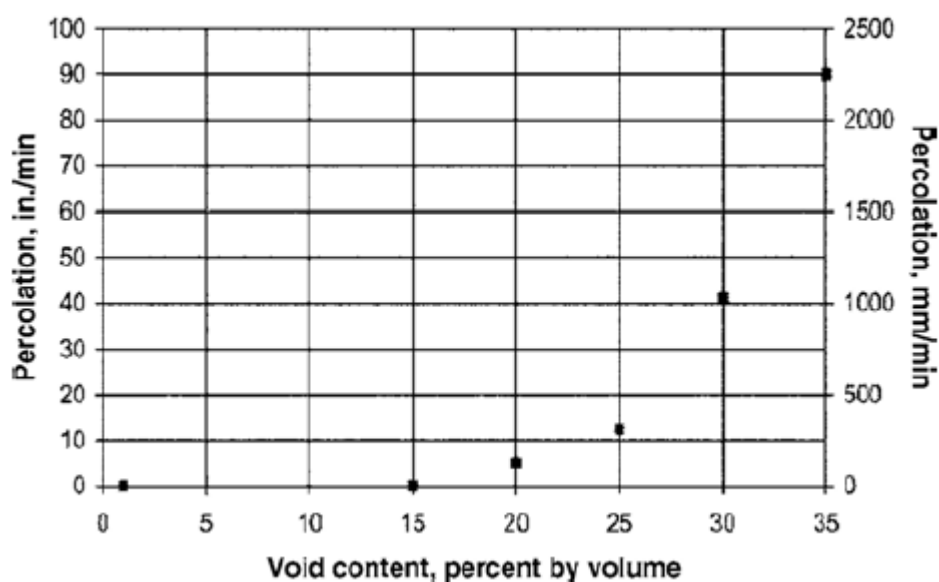
Reemplazando

$$\%vacíos = \frac{1 - 0.82}{1} * 100 = 17.92\%$$

La norma ACI 522R-10 nos indica un gráfico con el cual podemos estimar la ratio de filtración que tendrá nuestra mezcla de concreto permeable. Este gráfico es el siguiente:

**Figura 37**

*Filtración vs contenido de vacíos*



**Fuente:** ACI 522R-10 P. 15

Con el dato de 15% de vacíos propuesto en el diseño de mezcla número 2 (concreto permeable 1), nos da una ratio de permeabilidad aproximado de 4 in./min (0.17 cm/s) según la figura 37.

Conociendo todos los datos, podemos realizar una dosificación para esta mezcla de concreto permeable de la siguiente manera

$$C: AF: AG/AGUA$$

$$\frac{322.314}{322.314} : \frac{152.04}{322.314} : \frac{1520.35}{322.314} / \frac{96.694}{322.31} * 42.5$$

$$1: 0.47: 4.72/12.75 \frac{Lts}{bls}$$

- Diseño de mezcla n°3 "concreto permeable 2"

**Tabla 32**

*Datos requeridos para diseño de mezcla n°3 "concreto permeable 2"*

DATOS	
% ABSORCIÓN A.G.	1.1
PESO ESPECÍFICO CEMENTO (Kg/m3)	3120
PESO ESPECÍFICO A.G. (kg/m3)	2720
PESO ESPECÍFICO A.F. (kg/m3)	2620
PESO ESPECÍFICO DEL AGUA (kg/m3)	1000
% Agregado fino	20
Volumen total de diseño (m3)	1
PESO UNITARIO COMPACTADO A.G (kg/m3)	1617
volumen de vacios teórico (%)	25
Relación agua/cemento (a/c)	0.4
N° Huso del agregado	67

**Fuente: Propia**

Con los pasos explicados en el diseño de mezclas n°2, procedemos a realizar el diseño de mezcla n°3 dando como resultado:

- $b/b_o = 0.86$
- $W_{a_{seco}} = 1390.62 \text{ kg}$
- $W_{a_{húmedo}} = 1405.92 \text{ kg}$
- % pasta = 10%
- $V_{pasta} = 0.10 \text{ m}^3$
- $W_c (\text{contenido de cemento}) = 138.790 \text{ kg}$
- $W_w (\text{cantidad de agua}) = 55.516 \text{ kg}$



- $W_{agregado\ fino} = 281.18\ kg$
- $W_{agregado\ grueso} = 1124.73\ kg$
- $V_{grava} = 0.52\ m^3$
- $V_{arena} = 0.11\ m^3$
- $V_{cemento} = 0.04\ m^3$
- $V_{w\ (agua)} = 0.056\ m^3$
- $V_{aditivo} = (1.3\ \%) * 138.79\ kg = 1.80\ kg$
- $V_s(volumen\ total) = 0.73\ m^3$
- $\%vacíos\ (comprobación) = 27.40\%$

Con el dato de 25% de vacíos propuesto en el diseño de mezcla número 3 (concreto permeable 2), nos da una ratio de permeabilidad aproximado de 14 in/min (0.60 cm/s) según la figura 37.

Dosificación:

$$C : AF : AG / AGUA$$

$$\frac{138.79}{138.79} : \frac{281.18}{138.79} : \frac{1405.92}{138.79} / \frac{55.516}{138.79} * 42.5$$

$$1 : 2.03 : 10.13 / 17.00 \frac{Lts}{bls}$$

### Tabla 33

*Dosificación de los 2 tipos de diseño de mezcla del concreto permeable*

MEZCLA	DOSIFICACIÓN
1	1:0.47:4.72:12.75Lt/bls
2	1:2.03:10.13:17.00Lt/bls

**Fuente:** Propia

Realizado el diseño de mezcla tanto del concreto patrón como del concreto permeable, tenemos la siguiente tabla resumen donde figuran los materiales para realizar cada mezcla.

**Tabla 34**

*Cantidad de material de los 3 diseños de mezcla por m3.*

DISEÑO DE MEZCLA	CEMENTO (KG)	AGREGADO FINO (KG)	AGREGADO GRUESO (KG)	AGUA (LT)
DISEÑO DE MEZCLA N°1 CONCRETO PATRÓN	439	681.53	1027.05	216.56
DISEÑO DE MEZCLA N°2 CONCRETO PERMEABLE VACÍOS=15%, FINOS=10%	322.31	152.04	1520.35	96.69
DISEÑO DE MEZCLA N°3 CONCRETO PERMEABLE VACÍOS=25%, FINOS=20%	138.79	281.18	1405.92	55.51

**Fuente:** Propia

#### 4.1.7. Ensayos para el concreto en estado fresco

##### 4.1.7.1. Asentamiento

El ensayo se realizó tanto al concreto patrón como a las diferentes mezclas del concreto permeable, obteniendo lo siguiente:

**Tabla 35**

*Resultados de las pruebas de SLUMP*

Diseños	RESULTADO	CONDICIÓN
Diseño de mezcla del concreto patrón	3"	1" – 3"
Diseño de mezcla 2 - % de vacíos = 15%	0 "	0"
Diseño de mezcla 3 - % de vacíos = 25%	0 "	0"

**Fuente:** propia

Como se puede apreciar, los diseños de mezcla que no tienen o tienen poco fino, presentan un slump igual a 0 cumpliendo con la condición del concreto permeable la cual indica que es un concreto con revenimiento igual a 0. Esto se da debido a que las mezclas con mayor presencia de agregado fino, generan que el agregado grueso se asiente más rápido provocando que tengan un slump mayor.

También se aprecia que el concreto patrón indica un slump de 3" (7.5 cm) lo que indica que cumple el rango de asentamiento teórico.

**Figura 38**

*Asentamiento concreto permeable – diseño de mezcla 2*



**Fuente:** propia

**Figura 39**

*Asentamiento concreto permeable – diseño de mezcla 3*



**Fuente:** propia

**Figura 40**

*Asentamiento concreto patrón*



**Fuente:** propia

#### 4.1.7.2. Ensayo de contenido de aire en concreto fresco

Este ensayo se realizó a las diferentes mezclas de concreto permeable en estado fresco y se obtuvieron los siguientes resultados

**Tabla 36**

*Resultado del ensayo de contenido de vacíos*

CONTENIDO DE VACIOS DE DISEÑOS DE MEZCLA		
DISEÑO	CONTENIDO DE VACIOS TEÓRICO	CONTENIDO DE VACIOS
Diseño N°1 Concreto Patrón	-	2.50%
Diseño N°2 Concreto Permeable %Vacíos=15%, Finos=10%	15%	12%
Diseño N°3 Concreto Permeable %Vacíos=25%, Finos=20%	25%	10%

**Fuente:** propia

Como se puede apreciar, el % de vacíos obtenido no coincide con el % de vacíos teórico y esto puede deberse a diferentes factores como el compactado, el diámetro de los agregados, entre otros que influyen en este cálculo.

#### 4.1.8. Ensayos para el concreto en estado endurecido

##### 4.1.8.1. Permeabilidad

Este ensayo se desarrolló con ayuda de un permeámetro de carga variable y siguiendo el procedimiento indicado en la norma ACI 522R-10, obteniendo los siguientes resultados

**Tabla 97**

*Resultados de la prueba de permeabilidad*

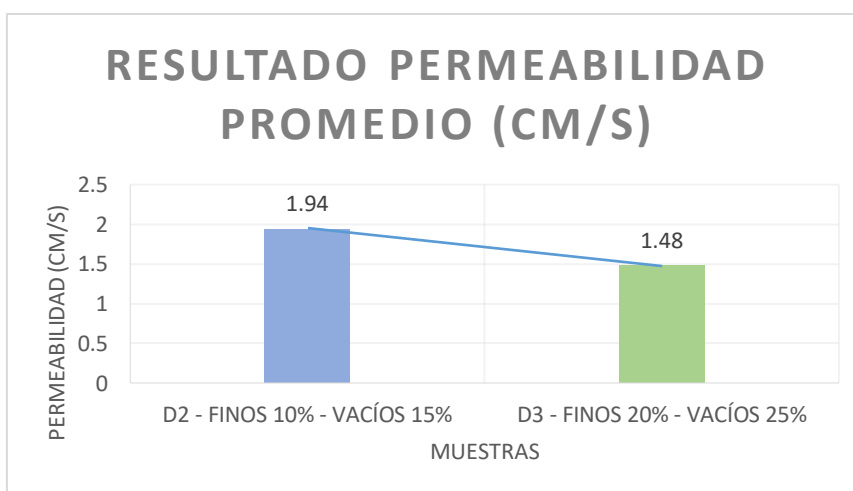
MUESTRA	RESULTADO	PROMEDIO
D2 - FINOS 10% - VACÍOS 15%	1.72	1.94
D2 - FINOS 10% - VACÍOS 15%	2.09	
D2 - FINOS 10% - VACÍOS 15%	2.01	
D3 - FINOS 20% - VACÍOS 25%	1.46	1.48
D3 - FINOS 20% - VACÍOS 25%	1.6	
D3 - FINOS 20% - VACÍOS 25%	1.37	

**Fuente:** propia

Conociendo los resultados de este ensayo, podemos realizar un gráfico para interpretar mejor los resultados

**Figura 41**

*Gráfico del ensayo de permeabilidad*



**Fuente:** Propia

Se parecía claramente que el diseño de mezcla n°2 posee mayor índice de permeabilidad debido a que tiene poco porcentaje de agregado fino (10%) en su mezcla mientras que el diseño de mezcla n°3 posee menos índice de permeabilidad debido a que tiene más finos en su mezcla (20%).

#### 4.1.8.2. Resistencia a la compresión

El ensayo se realizó a las probetas de concreto, en estado endurecido, tanto del concreto patrón como del concreto permeable en el cual se obtuvieron las cargas resistentes de las probetas luego de ser sometidas a una carga axial en la prensa hidráulica. Lo obtenido, se da a conocer en el siguiente recuadro:

**Tabla 38**

*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – concreto patrón*

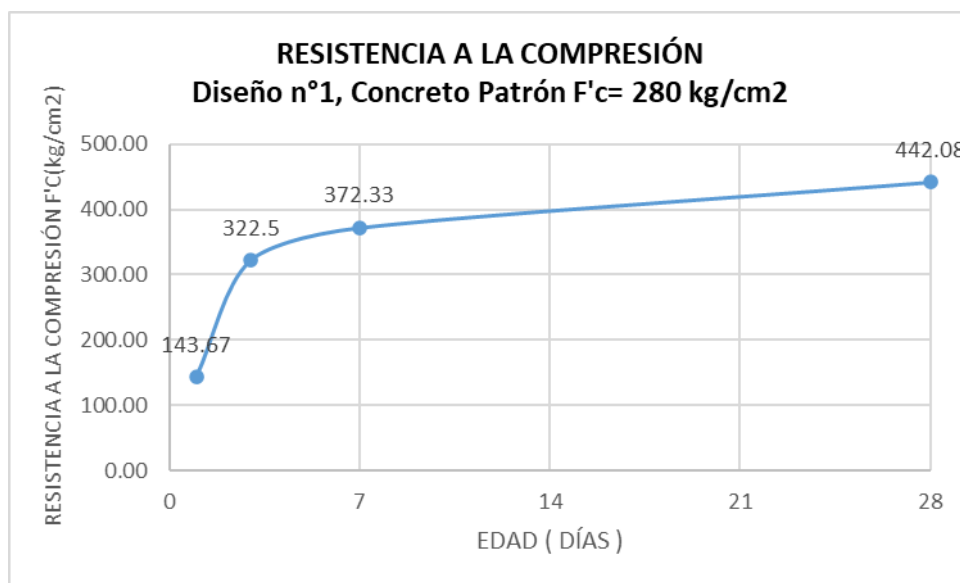
Diseño		Resistencia a la compresión			
Mezcla	Muestra	24 horas kg/cm <sup>2</sup>	3 días kg/cm <sup>2</sup>	7 días kg/cm <sup>2</sup>	28 días kg/cm <sup>2</sup>
Diseño n°1 Concreto patrón	1	121	311	368	410
	2	148	301	372	470
	3	155	333	360	450
	4	154	350	369	497
	5	141	303	367	460
	6	139	330	383	412
	7	141	345	380	511
	8	151	319	370	468
	9	131	314	367	469
	10	152	322	382	256
	11	149	338	380	461
	12	142	304	370	441
PROMEDIO		143.67	322.50	372.33	442.08

**Fuente:** propia



**Figura 42**

*Gráfico de resistencia a la compresión concreto patrón*



**Fuente:** propia

**Tabla 39**

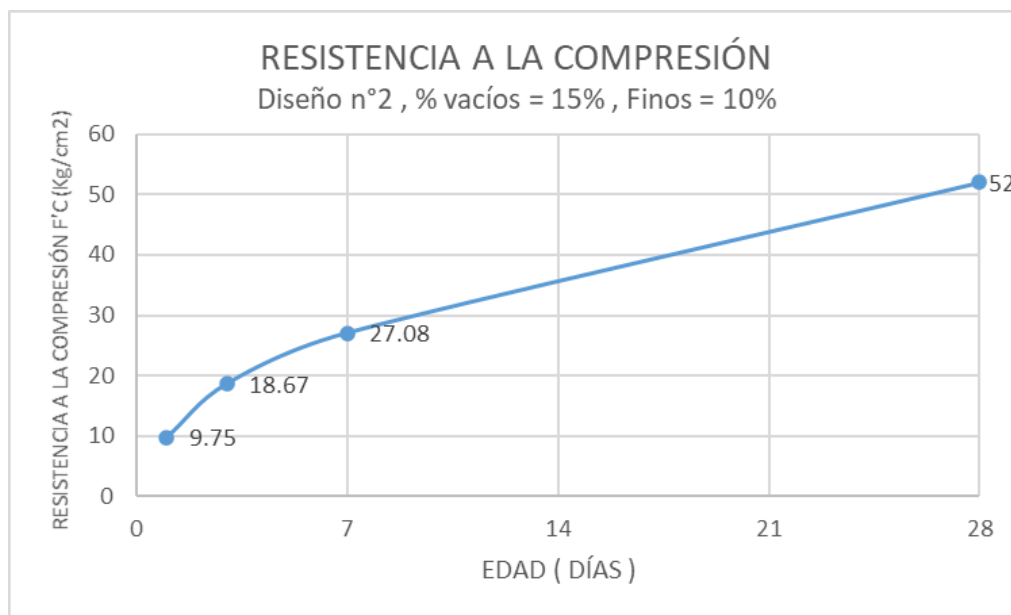
*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – diseño 2 concreto permeable 1*

Diseño		Resistencia a la compresión			
Mezcla	Muestra	24 horas kg/cm <sup>2</sup>	3 días kg/cm <sup>2</sup>	7 días kg/cm <sup>2</sup>	28 días kg/cm <sup>2</sup>
Diseño n°2 Concreto Permeable 1 % Vacíos = 15% Finos =10%	1	9	15	15	52
	2	7	19	22	72
	3	18	18	39	52
	4	10	34	57	62
	5	13	13	41	52
	6	7	16	35	51
	7	6	18	34	25
	8	16	26	16	53
	9	5	13	9	52
	10	7	20	17	62
	11	7	14	20	67
	12	12	18	20	24
PROMEDIO		9.75	18.67	27.08	52

**Fuente:** propia

**Figura 43**

*Gráfico de resistencia a la compresión diseño n°2 – concreto permeable 1*



**Fuente:** propia

**Tabla 40**

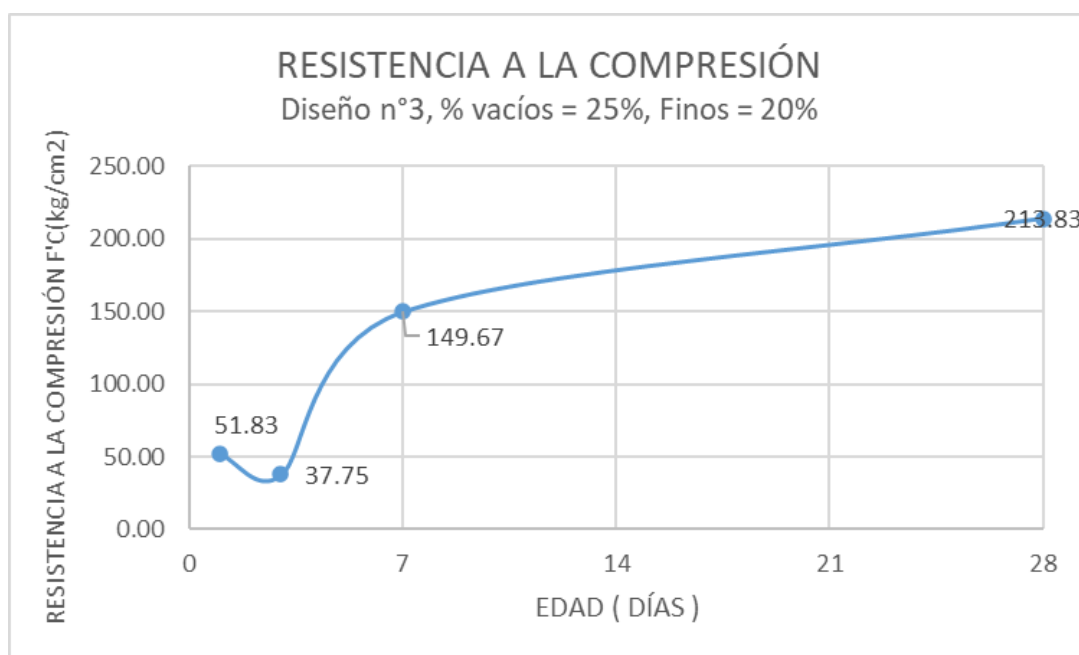
*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión – diseño 3 concreto permeable 2*

Diseño		Resistencia a la compresión			
Mezcla	Muestra	24 horas	3 días	7 días	28 días
		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Diseño n°3 Concreto Permeable 2 % Vacíos = 25% Finos =20%	1	17	30	52	103
	2	38	44	236	136
	3	38	41	173	256
	4	26	32	154	209
	5	58	84	90	220
	6	43	32	201	190
	7	78	25	177	410
	8	54	35	56	225
	9	87	40	218	312
	10	28	26	40	103
	11	34	40	86	266
	12	121	24	313	136
PROMEDIO		51.83	37.75	149.67	213.83

**Fuente:** propia

**Figura 44**

*Gráfico de resistencia a la compresión diseño n°3 – concreto permeable 2*



**Fuente:** propia

**Tabla 41**

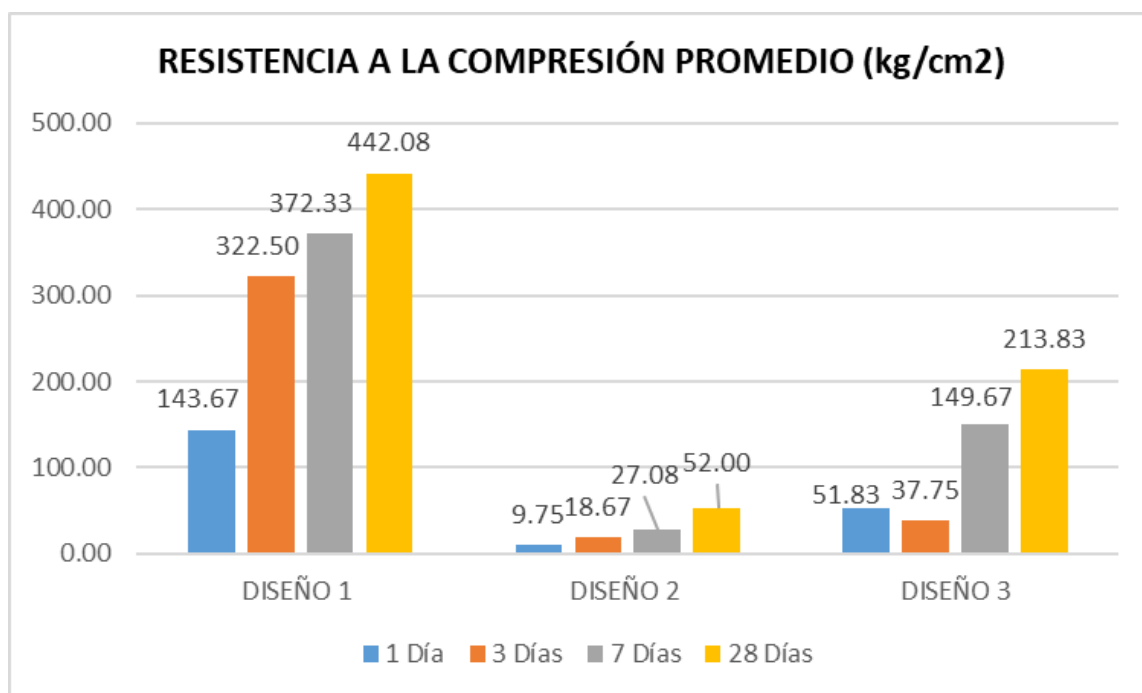
*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión promedio de todos los diseños de mezcla*

Edad de Ensayo / Diseños de mezcla	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )			
	24 h	3 días	7 días	28 días
D 1	143.67	322.50	372.33	442.08
D 2	9.75	18.67	27.08	52.00
D 3	51.83	37.75	149.67	213.83

**Fuente:** propia

**Figura 45**

*Gráfico de los resultados del ensayo de resistencia a la compresión promedio de todos los diseños de mezcla*



**Fuente:** propia

#### 4.1.8.3. Resistencia a la Flexión

Este ensayo se realizó a unos especímenes denominados vigas aplicando una carga a los tercios de la longitud total de cada viga. El resultado obtenido luego de realizar el ensayo a las 9vigas (3 por cada diseño de mezcla) es el siguiente

**Tabla 42**

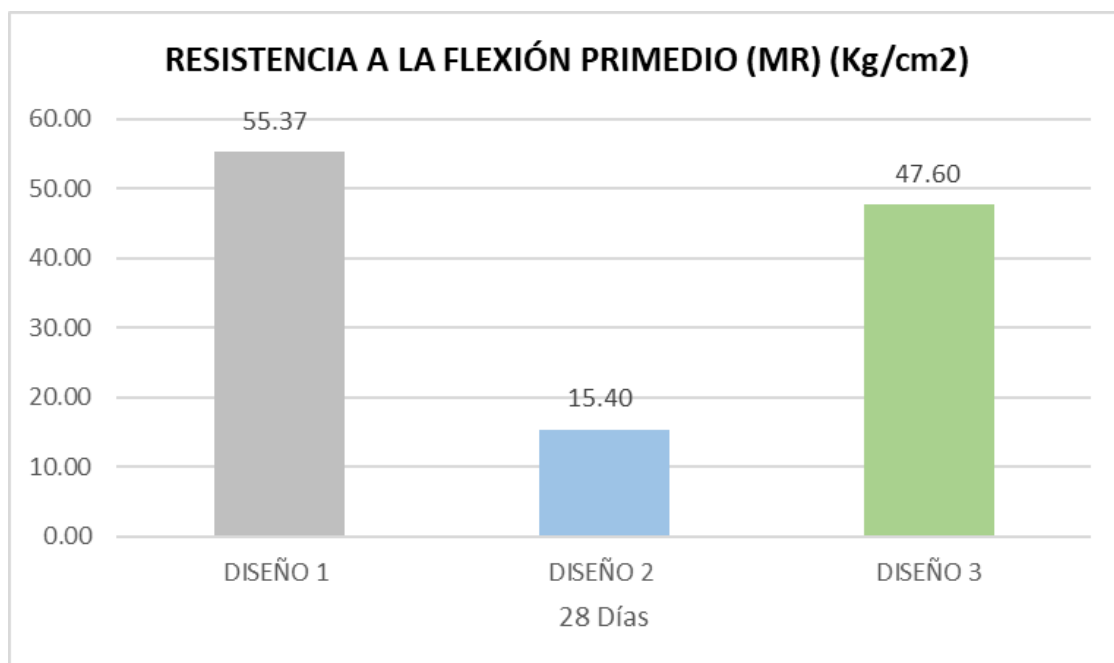
*Resistencia a la flexión*

Diseño		Resistencia a la Flexión (Modulo de Rotura )	
		28 días	Promedio
Mezcla	Muestra	kg/cm2	kg/cm2
Diseño n°1 Concreto patron	1	54.6	55.37
	2	50.4	
	3	61.1	
Diseño n°2 Concreto Permeable 1 % Vacíos = 15% Finos = 10%	1	11.9	15.40
	2	13.8	
	3	20.5	
Diseño n°3 Concreto Permeable 2 % Vacíos = 25% Finos =20%	1	49.2	47.60
	2	48.8	
	3	44.8	

**Fuente:** propia

**Figura 46**

*Gráfico de los resultados del ensayo de resistencia a la flexión promedio de todos los diseños de mezcla*



**Fuente:** propia

#### **4.2. Docimasia de hipótesis**

Empezando por el planteamiento de nuestra hipótesis la cual es: “El análisis del concreto permeable determinará la relación entre las propiedades físicas de un concreto permeable aplicado a un pavimento rígido en Trujillo, Perú.”

Podemos validar nuestra teoría planteada fijándonos en los resultados obtenidos en nuestra investigación debido a que, estudiando cada una de las propiedades físicas de este tipo de concreto, no podemos llegar a una conclusión específica. Sin embargo, relacionando estas de tal manera que nos permitan observar su interacción, es decir, por medio de tablas y gráficos, podemos llegar a distintas conclusiones a partir de estas propiedades físicas del concreto permeable.

Estas conclusiones serán planteadas posteriormente dando a conocer el resultado final de nuestro trabajo de investigación.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para empezar, detallaremos los resultados obtenidos realizados en la prueba del slump tanto al concreto patrón como a los 2 diferentes tipos del concreto permeable. Estos, son los siguientes:

- Observamos que el resultado de esta prueba para el concreto patrón cuya resistencia a la compresión planteada es de 280 kg/cm<sup>2</sup>, fue de **3"** (7.5 cm). Debiéndose, en primera instancia, a la presencia de finos en esta mezcla.
- Para la primera mezcla de concreto permeable con un contenido de finos igual a 10% y a su vez, con un 15% de vacíos, vemos que presenta un slump de **0"** debido a la poca presencia de finos. El agregado grueso tiende a quedarse en su lugar, dado esto, el resultado mencionado cumple con una de las más importantes características de este tipo de concreto.
- En la segunda mezcla, que tiene un 20% de finos y un 25% de vacíos, evidenciamos un slump de **0"** esto debido a la poca presencia de finos. Con este resultado se cumple la característica de revenimiento 0" mencionado en la norma ACI 522R-10.

Conociendo los resultados, vemos que la muestra de concreto patrón que tiene mayor presencia de finos presenta un mayor asentamiento a comparación de las que presentan poco contenido de finos, eso debido a que los finos generan que el agregado grueso se asiente más rápido y de manera mucho más notoria. Recalcando que el agregado grueso es el más influyente en el concreto permeable para presentar su característico revenimiento cero.



Continuando con los resultados de los ensayos de laboratorio, tenemos la prueba de contenido de vacíos

- Para la primera mezcla de concreto patrón, debido a que presenta mayor cantidad de finos, presenta un resultado igual a 2.5% de vacíos. El resultado obtenido va acorde al diseño de concreto debido a que es un concreto convencional, el cual no presenta un mayor contenido de vacíos.
- Para la segunda mezcla de concreto “concreto permeable 1”, debido a que presenta 10% de finos y con un 15% de vacíos, se tiene un resultado igual a 12% de vacíos. Este resultado se asemeja al porcentaje de vacíos teórico por lo que se concluye que la mezcla ha sido elaborada correctamente.
- Para la tercera mezcla de concreto “concreto permeable 2”, que presenta 20% de finos y con un 25% de vacíos, se tiene un resultado igual a 10% de vacíos. El resultado obtenido en el laboratorio varía del porcentaje de vacíos teórico, esto debido a diferentes factores como el incremento de % de agregado fino en la mezcla.

Los resultados de la prueba de permeabilidad son los siguientes:

- Para la primera mezcla de concreto la cual es el concreto patrón, no se realizó este ensayo debido a que no es un concreto permeable.
- Para el concreto permeable 1, con un 10% de finos y un 15% de vacíos, presenta un índice de permeabilidad promedio de **1.94 cm/s**. El resultado que se obtiene está acorde con lo mencionado en la norma ACI 522R-10.
- Para la tercera mezcla, la cual posee un 20% de finos y un 25% de vacíos, presenta un índice de permeabilidad promedio igual a **1.48 cm/s**. Lo obtenido concuerda con lo mencionado en la norma ACI 522R-10.

Se logra apreciar claramente que, para la mezcla de concreto con menor porcentaje de agregado fino, el índice de permeabilidad es mayor, esto debido a que mientras menos porcentaje de finos posea la muestra, mayor cantidad de vacíos tendrá y por ende mayor será el índice de permeabilidad.

Ahora, detallaremos los resultados promedios obtenidos de la prueba de la resistencia a la compresión a los 28 días.

- Concreto patrón, diseñado con  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ , obtenemos:  $442.08\text{ kg/cm}^2$
- Concreto permeable 1, obtuvimos  $f'c = 52.00\text{ kg/cm}^2$
- Concreto permeable 2, obtuvimos:  $f'c = 213.83\text{ kg/cm}^2$

Vemos que los concretos permeables presentan menor resistencia a la compresión que el concreto patrón debido a que presentan poca cantidad de finos haciendo que exista mayor porcentaje de vacíos generando que tenga menor resistencia a la compresión. Observando los resultados y comparando con la norma CE. 010.Pavimentos Urbanos, la cual nos dice que, para pavimentos urbanos, se requiere que como mínimo el concreto utilizado tenga una resistencia a la compresión de  $175\text{ kg/cm}^2$ , esto está indicado en la tabla 33 de la mencionada norma. Las mezclas que cumple con la resistencia a la compresión mínima son la de concreto permeable 2 y concreto patrón.

Finalmente detallaremos los resultados promedios obtenidos de la prueba de la resistencia a la flexión a los 28 días.

- Concreto patrón, diseñado con  $f'c = 280\text{kg/cm}^2$ , obtenemos:  $55.37\text{ kg/cm}^2$
- Concreto permeable 1, obtuvimos  $MR = 15.40\text{ kg/cm}^2$
- Concreto permeable 2, obtuvimos:  $MR = 47.60\text{ kg/cm}^2$

Al igual que la resistencia a la compresión, los concretos permeables presentan menor resistencia a la flexión que el concreto patrón debido a que presentan poca cantidad de finos. Observando los resultados y comparando con la norma CE. 010.Pavimentos Urbanos, la cual indica que, para pavimentos urbanos, se requiere que como mínimo el concreto utilizado tenga una resistencia a la flexión (módulo de rotura) de  $34\text{ kg/cm}^2$ , por lo que la mezcla de concreto permeable 2 y el concreto patrón son los diseños de mezcla que cumplen con lo mínimo mencionado en la norma.

## CONCLUSIONES

1. Analizando los resultados, podemos apreciar claramente que el porcentaje de vacíos influye en la resistencia a la compresión, resistencia a la flexión y permeabilidad de un concreto permeable, mientras más porcentaje de vacíos tenga este concreto, menor será su resistencia, tanto a la compresión como a la flexión, y mayor será su índice de permeabilidad.
2. Luego de realizar los ensayos respectivos a los agregados, tanto fino como grueso, obtenidos de la cantera "Quebrada El León" podemos concluir que estos presentan características apropiadas para la realización de nuestra investigación, tales como:
  - TMN del agregado grueso igual a  $\frac{3}{4}$ ".
  - Módulo de Finura del agregado fino 3.16.
  - Contenido de humedad del agregado fino y grueso: 0.5%
  - Porcentaje de absorción del agregado fino: 1.3%
  - Porcentaje de absorción del agregado grueso: 1.1%
3. Se realizaron dos diseños de mezclas de concreto permeable: concreto permeable 1 con 10% de finos y 15% de vacíos y concreto permeable 2 con 20% de finos y 25% de vacíos, recalando que en ambos diseños se añadió el aditivo SIKACEM plastificante. No se llegó a la resistencia deseada de 280 kg/cm<sup>2</sup>, pero el diseño de mezcla número 3 (concreto permeable 2) cumplió con la resistencia mínima estipulada en la norma ce.010 Pavimentos Urbanos.
4. Se obtuvo la resistencia a la compresión de todos los diseños de mezcla a las 24 horas, 3, 7 y 28 días, también se obtuvo la resistencia a la flexión a los 28 días. El diseño de mezcla número 3 (concreto permeable 2) el cual posee  $f'c=213.83$  kg/cm<sup>2</sup> cumplió con el parámetro mínimo de 175 kg/cm<sup>2</sup> estipulado en la norma ce.010 Pavimentos Urbanos. A su vez, este mismo diseño posee un módulo de rotura igual a **47.60** kg/cm<sup>2</sup> cumpliendo de igual manera con el parámetro mínimo de 34 kg/cm<sup>2</sup>, indicado en la mencionada norma.
5. Guiándonos de la NTP 339.080, pudimos determinar el porcentaje de vacíos de cada mezcla de concreto, obteniendo un mayor porcentaje en

la mezcla que presenta menor cantidad de finos, con un porcentaje de vacíos igual a **12%** (concreto permeable 1), **10%** (concreto permeable 2) y **2.5%** (concreto patrón); mientras que las mezclas con mayor cantidad de finos presentan un menor porcentaje de vacíos.

6. Usando el procedimiento especificado en la norma ACI 522R-10, determinamos el índice de permeabilidad de las mezclas de concreto permeable, teniendo un mayor resultado en el diseño de mezcla numero 2 (concreto permeable 1) el cual es **1.94** cm/s, debido a que posee menor cantidad de agregado fino; mientras que la mezcla número 3 (concreto permeable 2) con mayor cantidad de finos se obtuvo en resultado de **1.48** cm/s.

## RECOMENDACIONES

- Realizar rigurosamente el procedimiento especificado en las diferentes normas para evitar posteriores complicaciones durante y después del desarrollo de estos. Recalcando que cualquier procedimiento incorrectamente realizado influiría en los resultados obtenidos de los diferentes ensayos de laboratorio.
- Verificar que los materiales a utilizar, entre ellos el cemento y aditivos, sean de buena calidad y que cumplan con las especificaciones requeridas según la norma ACI 522R-10 ya que en esta norma se basa el desarrollo de cualquier concreto permeable.
- Si se emplean aditivos para la realización de los diferentes diseños de mezcla, verificar que la dosis empleada sea la correcta guiándose de las especificaciones técnicas de estos.
- Realizar un correcto procedimiento de elaboración del equipo conocido como “Permeámetro de carga variable” debido a que de este dependerán los resultados obtenidos para hallar el índice de permeabilidad de los diferentes diseños de mezcla del concreto permeable.
- Elaborar correctamente los especímenes de concreto (probetas cilíndricas y vigas), y realizar un adecuado desmolde, ya que de estos depende la confiabilidad de los resultados obtenidos en diferentes ensayos (resistencia a la compresión y resistencia a la flexión).
- Verificar el contenido de vacíos en campo, ya que este puede tener una variación respecto al contenido de vacíos teórico. Realizar un correcto muestreo para este ensayo ya que, si no se tiene una buena muestra representativa, el resultado puede diferir del contenido de vacíos real.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

[https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PRO\\_TECTED\\_PDF&Language=English&Units=US\\_AND\\_METRIC](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PRO_TECTED_PDF&Language=English&Units=US_AND_METRIC)

Sika Perú. (s.f). SikaCem Plastificante. Consultado el 16 de enero de 2022.

<https://per.sika.com/es/construccion/aditivos-utoconstruccion/plastificantes-concreto/sikacem-plastificante.html>

Bautista, A. (2018). *Diseño de pavimento rígido permeable para la evacuación de aguas pluviales según la norma ACI 522R-10* [Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres]. Repositorio Académico USMP.

<http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/4928>

Castañeda L. y Moujir, Y. (2014) *Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos* [Tesis de Pregrado, Pontificia Universidad Javeriana].

Repositorio Académico PUJ <http://hdl.handle.net/11522/3082>

Chaiña, J. y Villanueva Y. (2017). *Diseño de concreto permeable, para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la ciudad de Arequipa* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Académico UCSM

<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6038>

Cigueñas, P. (2020) *Determinación del comportamiento mecánico del concreto con adición de aserrín* [Tesis de Pregrado,

Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio Académico UPAO

<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/6644>

Córdova, R. (2016). *Determinación del grado de permeabilidad y evaluación de la resistencia a la colmatación, haciendo uso de aditivos de las marcas Sika y Euco para la fabricación de concreto poroso en la ciudad de Arequipa* [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Académico UCSM <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5530>

Falcon, F. y Santos, J. (2016). *Diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Chullqui, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. Repositorio Académico UNHEVAL. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/1289>

American Concrete Institute (2002). *ACI 211.1. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*

<https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=211191&Language=English&Units=US Units>

Greenroads (2011, s.f) *Manual v1.5* <https://www.greenroads.org/files/236.pdf>

Hernández, B. y Martínez, O. (2014). *Diseño de un campo de prueba piloto de pavimentos permeables en la ciudad de Cartagena* [Tesis de pregrado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Académico UC <http://hdl.handle.net/11227/1116>

Hurtado, J. y Valdivieso, D. (2019). *Plan para la evacuación de precipitaciones pluviales, utilizando concreto permeable en el A.H. Laguna Azul - Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Académico UNS. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3469>

Instituto Nacional de Calidad (2015, 31 de diciembre) *NTP 339.034 Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. Diario Oficial El Peruano <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-sobre-envases-y-accesorios-resolucion-directoral-no-016-2015-inacaldn-1329244-1>

Instituto Nacional de Calidad (2017, 18 de diciembre) *NTP 339.078 Método de ensayo para determinarla resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo*. Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-s-directorales/files/RD49DSE.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2018, 18 de julio) *NTP 339.185 Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2018-RD16.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2018, 18 de julio) *NTP 400.012 Análisis a granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2018-RD16.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2011, 28 de setiembre) *NTP 339.080 Método de ensayo normalizado para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión*. Diario Oficial El Peruano <https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25028>



Instituto Nacional de Calidad (2019, 24 de octubre) *NTP 339.129 Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos.* Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-a-directorales/files/2019-RD22.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2019, 24 de octubre) *NTP 400.021 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.* Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-a-directorales/files/2018-RD16.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2019, 24 de octubre) *NTP 400.022 Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2018-RD16.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2020, 18 de febrero) *NTP 400.010 Extracción y a preparación de las muestras.* Diario Oficial El Peruano a <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2020-RD01.pdf>

Instituto Nacional de Calidad (2020, 18 de febrero) *NTP 400.017 Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.* Diario Oficial El Peruano <https://www.inacal.gob.pe/repositorioaps/data/1/1/6/jer/resoluciones-directorales/files/2020-RD01.pdf>

Meneses, J. y PÁEZ, D. (2017). *Mezcla asfáltica permeable como parte de la estructura de pavimento a partir del uso y modificación de una mezcla drenante aplicado a vías rurales* [Tesis de Pregrado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Académico UDFJC <http://hdl.handle.net/11349/5374>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2009, s.f. Julio). *Norma E.060 Concreto Armado*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la construcción - SENCICO. <http://page.sencico.gob.pe/investigacion/publicaciones.php?id=230>

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2010, s.f. Marzo). *Norma CE.0.10 Pavimentos Urbanos*. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la construcción - SENCICO. <http://page.sencico.gob.pe/investigacion/publicaciones.php?id=230>

Moreno, D. y Carrillo, J. (2019). *Normas APA (7.<sup>a</sup> ed.)*. Universidad Central. <https://www.ucentral.edu.sites/default/files/inline-files/guia-normas-apa-7-ed-2019-11-6.pdf>

Ore, H. y Portillo, M. (2019). *Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable  $f'c = 175\text{Kg/cm}^2$  en veredas* [Tesis de Pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC <http://hdl.handle.net/10757/635423>

Redondo, L. y Zúñiga, L. (2016). *Principales variables para el diseño y la construcción de pavimentos permeables para su control en origen de la escorrentía urbana* [Monografía, Universidad de Cartagena]. Repositorio Académico UC <http://repositorio.unicartagena.edu.co/>

Rodriguez, J. (2008). *Estudio, Análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con la capacidad portante necesaria para soportar tráfico ligero* [Tesis doctoral, Universidad de Cantabria]. Repositorio Académico UC. <http://hdl.handle.net/10902/1112>

Instituto Nacional de Calidad (2015, 31 de diciembre) *NTP 339.035 CONCRETO*.

*Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland.* Diario Oficial El Peruano  
[https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=4304](https://tiendavirtual.inacal.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=4304)


Trujillo, A. y Quiroz, D. (2013). *Pavimentos porosos utilizados como sistemas alternativos al drenaje urbano*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Académico PUJ <http://hdl.handle.net/10554/11174>

American Concrete Institute (2008, enero). Requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318 -08.  
[https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=SP7108&Format=HARD\\_COPY&Language=English&Units=US\\_Units](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=SP7108&Format=HARD_COPY&Language=English&Units=US_Units)

# ANEXOS

## Anexo 1: Instrumento de recolección de datos

### FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

		TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"							Autores: Br. Luis Manuel Pastor Huamaní Br. Diego Alonso Reyes Narro			
CONTROL GENERAL - MUESTREO Y ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO												
TOMA DE MUESTRAS							Edad de ensayo	Fecha de ensayo	RESULTADOS			Comentario y/o observación
Nº Muestra	Nº Probeta	Fecha de muestreo	Resistencia de diseño	Descripción	Slump (pulg)	Temperatura °C			Carga máxima (kg)	f'c Alcanzado	% Alcanzado	
M-1	P-001	04/11/2021	280.00	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 01 CONCRETO PATRÓN F'C = 280 kg/cm2	3 "	29.30	1	05/11/2021	9504.0	121.0	43.2%	CORRECTO
	P-002	04/11/2021							11628.0	148.0	52.9%	CORRECTO
	P-003	04/11/2021							12171.0	155.0	55.4%	CORRECTO
	P-004	04/11/2021							12095.0	154.0	55.0%	CORRECTO
	P-005	04/11/2021							11036.0	141.0	50.4%	CORRECTO
	P-006	04/11/2021							10884.0	139.0	49.6%	CORRECTO
	P-007	04/11/2021							11093.0	141.0	50.4%	CORRECTO
	P-008	04/11/2021							11858.0	151.0	53.9%	CORRECTO
	P-009	04/11/2021							10268.0	131.0	46.8%	CORRECTO
	P-010	04/11/2021							11903.0	152.0	54.3%	CORRECTO
	P-011	04/11/2021							11718.0	149.0	53.2%	CORRECTO
	P-012	04/11/2021							11134.0	142.0	50.7%	CORRECTO
M-2	P-013	04/11/2021	280.00	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 01 CONCRETO PATRÓN F'C = 280 kg/cm2	3 "	29.30	3	07/11/2021	24453.0	311.0	111.1%	CORRECTO
	P-014	04/11/2021							23620.0	301.0	107.5%	CORRECTO
	P-015	04/11/2021							26173.0	333.0	118.9%	CORRECTO
	P-016	04/11/2021							27470.0	350.0	125.0%	CORRECTO
	P-017	04/11/2021							23778.0	303.0	108.2%	CORRECTO
	P-018	04/11/2021							25900.0	330.0	117.9%	CORRECTO
	P-019	04/11/2021							27081.0	345.0	123.2%	CORRECTO
	P-020	04/11/2021							25078.0	319.0	113.9%	CORRECTO
	P-021	04/11/2021							24639.0	314.0	112.1%	CORRECTO
	P-022	04/11/2021							25259.0	322.0	115.0%	CORRECTO
	P-023	04/11/2021							26515.0	338.0	120.7%	CORRECTO
	P-024	04/11/2021							23910.0	304.0	108.6%	CORRECTO

M-3	P-025	04/11/2021	280.00	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 01 CONCRETRO PATRÓN F'C = 280 kg/cm2	3 "	29.30	7	11/11/2021	28888.0	368.0	131.4%	CORRECTO
	P-026	04/11/2021							29228.0	372.0	132.9%	CORRECTO
	P-027	04/11/2021							28261.0	360.0	128.6%	CORRECTO
	P-028	04/11/2021							29016.0	369.0	131.8%	CORRECTO
	P-029	04/11/2021							28813.0	367.0	131.1%	CORRECTO
	P-030	04/11/2021							30079.0	383.0	136.8%	CORRECTO
	P-031	04/11/2021							2981.0	380.0	135.7%	CORRECTO
	P-032	04/11/2021							29052.0	370.0	132.1%	CORRECTO
	P-033	04/11/2021							28796.0	367.0	131.1%	CORRECTO
	P-034	04/11/2021							30032.0	382.0	136.4%	CORRECTO
	P-035	04/11/2021							29871.0	380.0	135.7%	CORRECTO
	P-036	04/11/2021							29067.0	370.0	132.1%	CORRECTO
	M-4	P-037							04/11/2021	280.00	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 01 CONCRETRO PATRÓN F'C = 280 kg/cm2	3 "
P-038		04/11/2021	36951.0	470.0	167.9%	CORRECTO						
P-039		04/11/2021	35344.0	450.0	160.7%	CORRECTO						
P-040		04/11/2021	39053.0	497.0	177.5%	CORRECTO						
P-041		04/11/2021	36156.0	460.0	164.3%	CORRECTO						
P-042		04/11/2021	32341.0	412.0	147.1%	CORRECTO						
P-043		04/11/2021	40137.0	511.0	182.5%	CORRECTO						
P-044		04/11/2021	36758.0	468.0	167.1%	CORRECTO						
P-045		04/11/2021	36826.0	469.0	167.5%	CORRECTO						
P-046		04/11/2021	20076.0	256.0	91.4%	CORRECTO						
P-047		04/11/2021	36169.0	461.0	164.6%	CORRECTO						
P-048		04/11/2021	34644.0	441.0	157.5%	CORRECTO						



TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"

Autores:

Br. Luis Manuel Pastor Huamaní  
Br. Diego Alonso Reyes Narro

CONTROL GENERAL - MUESTREO Y ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO

TOMA DE MUESTRAS							Edad de ensayo	Fecha de ensayo	RESULTADOS			Comentario y/o observación
Nº Muestra	Nº Probeta	Fecha de muestreo	Resistencia de diseño	Descripción	Slump (pulg)	Temperatura °C			Carga máxima (kg)	f'c Alcanzado	% Alcanzado	
M-5	P-049	08/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA O2 CONCRETRO PERMEABLE 1 , FINOS =10%, VACIOS = 15%	0"	27.40	1	09/11/2021	706.0	9.0	-	-
	P-050	08/11/2021							570.0	7.0	-	-
	P-051	08/11/2021							1430.0	18.0	-	-
	P-052	08/11/2021							809.0	10.0	-	-
	P-053	08/11/2021							1021.0	13.0	-	-
	P-054	08/11/2021							530.0	7.0	-	-
	P-055	08/11/2021							493.0	6.0	-	-
	P-056	08/11/2021							1250.0	16.0	-	-
	P-057	08/11/2021							417.0	5.0	-	-
	P-058	08/11/2021							549.0	7.0	-	-
	P-059	08/11/2021							583.0	7.0	-	-
P-060	08/11/2021	940.0	12.0	-	-							
M-6	P-061	08/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA O2 CONCRETRO PERMEABLE 1 , FINOS =10%, VACIOS = 15%	0"	27.40	3	11/11/2021	1143.0	15.0	-	-
	P-062	08/11/2021							1531.0	19.0	-	-
	P-063	08/11/2021							1380.0	18.0	-	-
	P-064	08/11/2021							2650.0	34.0	-	-
	P-065	08/11/2021							999.0	13.0	-	-
	P-066	08/11/2021							1290.0	16.0	-	-
	P-067	08/11/2021							1450.0	18.0	-	-
	P-068	08/11/2021							2004.0	26.0	-	-
	P-069	08/11/2021							990.0	13.0	-	-
	P-070	08/11/2021							1546.0	20.0	-	-
	P-071	08/11/2021							1130.0	14.0	-	-
	P-072	08/11/2021							1432.0	18.0	-	-

M-7	P-073	08/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 02 CONCRETRO PERMEABLE 1 , FINOS =10%, VACIOS = 15%	0"	27.40	7	15/11/2021	1152.0	15.0	-	-
	P-074	08/11/2021							1763.0	22.0	-	-
	P-075	08/11/2021							3040.0	39.0	-	-
	P-076	08/11/2021							4500.0	57.0	-	-
	P-077	08/11/2021							3240.0	41.0	-	-
	P-078	08/11/2021							2761.0	35.0	-	-
	P-079	08/11/2021							2700.0	34.0	-	-
	P-080	08/11/2021							1234.0	16.0	-	-
	P-081	08/11/2021							700.0	9.0	-	-
	P-082	08/11/2021							1312.0	17.0	-	-
	P-083	08/11/2021							1572.0	20.0	-	-
	P-084	08/11/2021							1548.0	20.0	-	-
M-8	P-085	08/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 02 CONCRETRO PERMEABLE 1 , FINOS =10%, VACIOS = 15%	0"	27.40	28	06/12/2021	4065.0	52.0	-	-
	P-086	08/11/2021							5672.0	72.0	-	-
	P-087	08/11/2021							4115.0	52.0	-	-
	P-088	08/11/2021							4897.0	62.0	-	-
	P-089	08/11/2021							4122.0	52.0	-	-
	P-090	08/11/2021							3988.0	51.0	-	-
	P-091	08/11/2021							1976.0	25.0	-	-
	P-092	08/11/2021							4125.0	53.0	-	-
	P-093	08/11/2021							4118.0	52.0	-	-
	P-094	08/11/2021							4893.0	62.0	-	-
	P-095	08/11/2021							5231.0	67.0	-	-
	P-096	08/11/2021							1907.0	24.0	-	-



TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"

Autores:

Br. Luis Manuel Pastor Huamaní  
Br. Diego Alonso Reyes Narro


CONTROL GENERAL - MUESTREO Y ROTURA DE PROBETAS DE CONCRETO

TOMA DE MUESTRAS							Edad de ensayo	Fecha de ensayo	RESULTADOS			Comentario y/o observación
Nº Muestra	Nº Probeta	Fecha de muestreo	Resistencia de diseño	Descripción	Slump (pulg)	Temperatura °C			Carga máxima (kg)	f'c Alcanzado	% Alcanzado	
M-9	P-097	09/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2 , FINOS =20%, VACIOS = 25%	0"	28.30	1	10/11/2021	1320.0	17.0	-	-
	P-098	09/11/2021							3009.0	38.0	-	-
	P-099	09/11/2021							3018.0	38.0	-	-
	P-100	09/11/2021							2039.0	26.0	-	-
	P-101	09/11/2021							4561.0	58.0	-	-
	P-102	09/11/2021							3360.0	43.0	-	-
	P-103	09/11/2021							6120.0	78.0	-	-
	P-104	09/11/2021							4211.0	54.0	-	-
	P-105	09/11/2021							6845.0	87.0	-	-
	P-106	09/11/2021							2232.0	25.0	-	-
	P-107	09/11/2021							2650.0	34.0	-	-
P-108	09/11/2021	9480.0	121.0	-	-							
M-10	P-109	09/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2 , FINOS =20%, VACIOS = 25%	0"	27.40	3	12/11/2021	2318.0	30.0	-	-
	P-110	09/11/2021							3422.0	44.0	-	-
	P-111	09/11/2021							3240.0	41.0	-	-
	P-112	09/11/2021							2515.0	32.0	-	-
	P-113	09/11/2021							6580.0	84.0	-	-
	P-114	09/11/2021							2533.0	32.0	-	-
	P-115	09/11/2021							1982.0	25.0	-	-
	P-116	09/11/2021							2730.0	35.0	-	-
	P-117	09/11/2021							3132.0	40.0	-	-
	P-118	09/11/2021							2019.0	26.0	-	-
	P-119	09/11/2021							3146.0	40.0	-	-
P-120	09/11/2021	1910.0	24.0	-	-							




M-11	P-121	09/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2 , FINOS =20%, VACIOS = 25%	0"	27.40	7	16/11/2021	4053.0	52.0	-	-
	P-122	09/11/2021							18550.0	236.0	-	-
	P-123	09/11/2021							13587.0	173.0	-	-
	P-124	09/11/2021							12061.0	154.0	-	-
	P-125	09/11/2021							7063.0	90.0	-	-
	P-126	09/11/2021							15780.0	201.0	-	-
	P-127	09/11/2021							13910.0	177.0	-	-
	P-128	09/11/2021							4431.0	56.0	-	-
	P-129	09/11/2021							17139.0	218.0	-	-
	P-130	09/11/2021							3128.0	40.0	-	-
	P-131	09/11/2021							6778.0	86.0	-	-
	P-132	09/11/2021							24593.0	313.0	-	-
M-12	P-133	09/11/2021	-	PROBETAS DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2, FINOS =20%, VACIOS = 25%	0"	27.40	28	07/12/2021	8064.0	103.0	-	-
	P-134	09/11/2021							10680.0	136.0	-	-
	P-135	09/11/2021							20134.0	256.0	-	-
	P-136	09/11/2021							16454.0	209.0	-	-
	P-137	09/11/2021							17245.0	220.0	-	-
	P-138	09/11/2021							14926.0	190.0	-	-
	P-139	09/11/2021							32201.0	410.0	-	-
	P-140	09/11/2021							17668.0	225.0	-	-
	P-141	09/11/2021							24515.0	312.0	-	-
	P-142	09/11/2021							8087.0	103.0	-	-
	P-143	09/11/2021							20864.0	266.0	-	-
	P-144	09/11/2021							10644.0	136.0	-	-


FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

						<b>TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"</b>			<b>Autores:</b> <b>Br. Luis Manuel Pastor Huamaní</b> <b>Br. Diego Alonso Reyes Narro</b>	
<b>CONTROL GENERAL - MUESTREO Y ROTURA DE VIGAS DE CONCRETO</b>										
<b>TOMA DE MUESTRAS</b>						<b>Edad de ensayo</b>	<b>Fecha de ensayo</b>	<b>RESULTADOS</b>		<b>UBICACIÓN DE LA FALLA</b>
<b>Nº Muestra</b>	<b>NºViga</b>	<b>Fecha de muestreo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Slump (pulg)</b>	<b>Temperatura °C</b>			<b>Carga máxima (kg)</b>	<b>Resistencia a flexión</b>	
M-1	V-001	04/11/2021	VIGA DISEÑO DE MEZCLA 01 CONCRETRO PATRÓN F'C = 280 kg/cm2	3 "	29.30	28	02/12/2021	4433.0	54.6	Tercio Central
	V-002	04/11/2021						4035.0	50.4	Tercio Central
	V-003	04/11/2021						5114.0	61.1	Tercio Central
M-2	V-004	08/11/2021	VIGA DISEÑO DE MEZCLA 02 CONCRETRO PERMEABLE 1 FINOS=10%, VACIOS=15%	0"	27.40	28	06/12/2021	963.0	11.9	Tercio Central
	V-005	08/11/2021						1117.0	13.8	Tercio Central
	V-006	08/11/2021						1687.0	20.5	Tercio Central
M-3	V-007	09/11/2021	VIGA DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2 FINOS=20%, VACIOS=25%	0"	28.30	28	07/12/2021	4071.0	49.2	Tercio Central
	V-008	09/11/2021						3956.0	48.8	Tercio Central
	V-009	09/11/2021						3589.0	44.8	Tercio Central

## FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD

		<b>TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"</b>		<b>Autores:</b> <b>Br. Luis Manuel Pastor Huamaní</b> <b>Br. Diego Alonso Reyes Narro</b>	
<b>CONTROL GENERAL - MUESTREO Y ENSAYO DE PERMEABILIDAD</b>					
TOMA DE MUESTRAS		Edad de ensayo	RESULTADOS		
Nº Muestra	Descripción		Indice de permeabilidad k (cm/s)	Indice de permeabilidad K promedio (cm/s)	
Muestra 10% finos I	DISEÑO DE MEZCLA 02 CONCRETRO PERMEABLE 1 , FINOS =10%, VACIOS = 15%	28	1.720	1.94	
Muestra 10% finos II			2.086		
Muestra 10% finos III			2.012		
Muestra 20% finos I	DISEÑO DE MEZCLA 03 CONCRETRO PERMEABLE 2 , FINOS =20%, VACIOS = 25%	28	1.455	1.48	
Muestra 20% finos II			1.601		
Muestra 20% finos III			1.372		

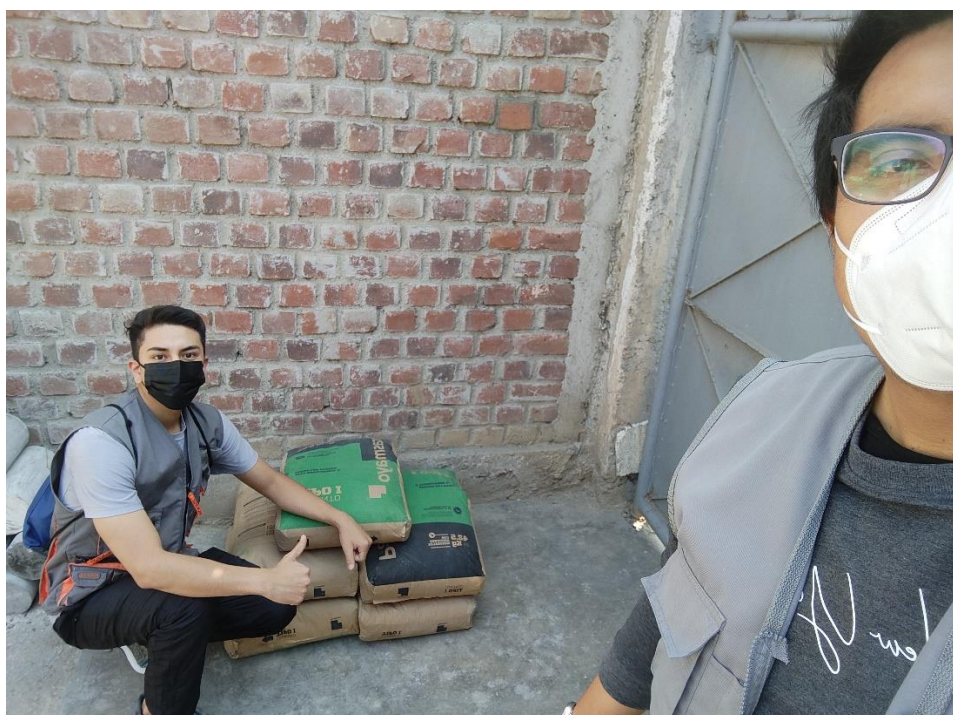
## FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ENSAYO DE PERMEABILIDAD

 <b>UPAO</b>	<b>TESIS: "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO PERÚ"</b>	<b>Autores:</b> <b>Br. Luis Manuel Pastor Huamaní</b> <b>Br. Diego Alonso Reyes Narro</b>	
<b>CONTROL GENERAL - CONTENIDO DE VACÍOS</b>			
MUESTRA	Descripción	RESULTADOS	
		Contenido de vacíos teórico (%)	Contenido de vacíos Real (%)
M-1	Diseño N°1 Concreto Patrón	-	-
M-2	Diseño N°2 Concreto Permeable %Vacios=15%, Finos=10%	15%	12%
M-3	Diseño N°3 Concreto Permeable %Vacios=25%, Finos=20%	25%	10%

**Anexo 2:** Panel Fotográfico, Ficha técnica de aditivo y cemento, Resultados de ensayos de laboratorio.



Descripción: Compra de materiales para desarrollo de tesis



Descripción: Almacenaje de material en laboratorio





Descripción: Elaboración de probetas de concreto



Descripción: Demarcación testigos a 15 cm para ensayo de permeabilidad

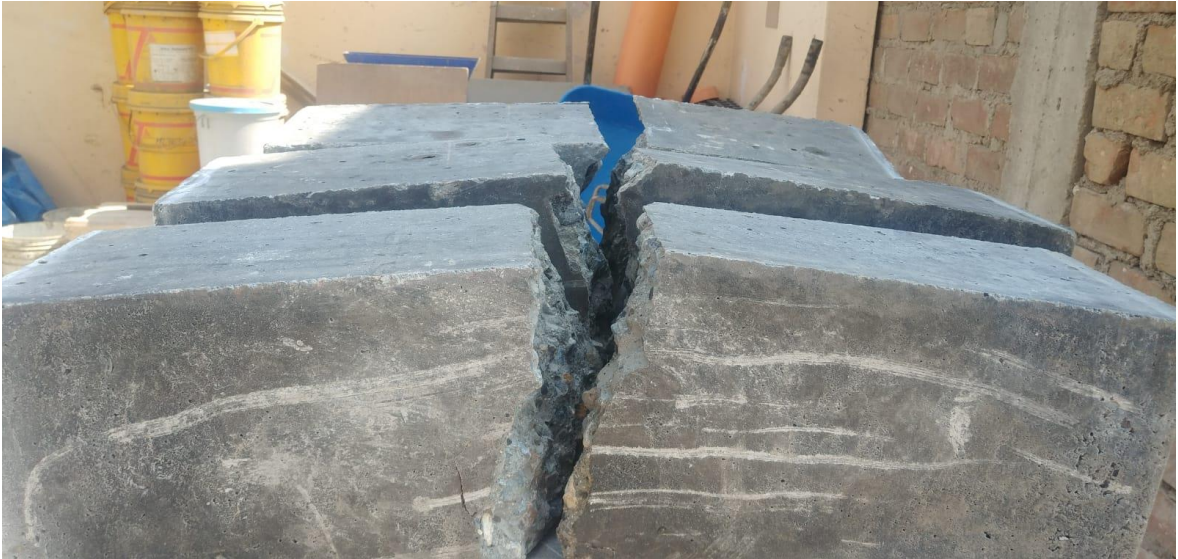


Descripción: Corte de probetas de concreto para ensayos de permeabilidad con amoladora



Descripción: elementos necesarios para armado de permeámetro de carga variable.





Descripción: Vigas tras ensayo de resistencia a la flexión



Descripción: Probetas de concreto permeable





Descripción: Vigas de concreto permeable



Descripción: Elaboración vigas de concreto patrón





Descripción: Desmoldeo de probetas de concreto



Descripción: Temperatura concreto permeable

## Ficha técnica aditivo SikaCem Plastificante

CONSTRUYENDO CONFIANZA



### HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaCem® Plastificante

Aditivo plastificante y reductor de agua para morteros y hormigones

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaCem® Plastificante es un aditivo líquido para elaborar morteros y hormigones fluidos. Reduce agua del concreto incrementando la resistencia; NO CONTIENE CLORUROS, de modo que no corroe los metales.

#### USOS

- SikaCem® Plastificante es recomendable para:
- Estructuras en general canales, diques, estructuras de fundación, columnas, vigas, tanques elementos prefabricados, losas, etc.)
  - Cualquier tipo de estructura, cuando se desee aumentar las resistencias mecánicas o dar mayor fluidez al hormigón.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

##### En el hormigón fresco:

- Mejora la trabajabilidad del hormigón (plastifica), facilitando su colocación y compactación.
- Permite una reducción en la cantidad de agua de amasado en un 15% aproximadamente, lo que se manifiesta en un aumento de las resistencias mecánicas del hormigón endurecido.
- Aumento de la cohesión interna en el hormigón fresco, tendiendo a evitar la segregación de los áridos.
- Disminuye la exudación.

##### En el hormigón endurecido:

- Posibilita un incremento de las resistencias mecánicas a la compresión del orden de más del 15%.
- Reduce la contracción.
- Aumenta la adherencia al acero.

#### CERTIFICADOS / NORMAS

SikaCem® Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo A y Tipo D

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Mezcla de lignosulfonatos y polímeros orgánicos.
Empaques	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Envase PET x 4 L</li> <li>▪ Balde x 20 L</li> </ul>
Apariencia / Color	Líquido marrón oscuro
Vida Útil	1 año
Condiciones de Almacenamiento	En sus envases de origen, bien cerrados y no deteriorados, en lugares frescos y secos, a temperaturas entre + 5°C y + 30°C. Protegido del congelamiento, del calor excesivo y de la radiación solar directa.
Densidad	1.20 +/- 0.02

#### INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto Mezclar los materiales componentes del hormigón o mortero con parte del

agua de mezclado, incorpore el contenido del DoyPack de SikaCem® Plastificante al pastón y complete con la menor cantidad de agua hasta lograr la fluidez requerida.

Para asegurar la homogeneidad del hormigón o mortero, se recomienda mezclar durante 3 minutos adicionales luego de incorporar todos los materiales componentes a la mezcladora.

Para mejorar el desempeño de morteros y hormigones se recomienda mantener la dosificación y proporción de los materiales componentes, Utilizar la menor cantidad de agua de mezclado hasta alcanzar la fluidez necesaria para la obra.

Cuidar que se cumplan las correctas condiciones de elaboración, colocación, compactación y curado.

La sobre-dosificación de SikaCem® Plastificante puede causar retardo de fragüe.

El desempeño de los aditivos pueden variar si se modifican los materiales componentes o sus cantidades.

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

### Dosificación Recomendada

- Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
- Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## LIMITACIONES

Temperatura Ambiente +5°C mín. / +30°C máx.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

Sika Perú  
Habilitación Industrial  
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto  
SikaCem® Plastificante  
Junio 2021, Versión 01.02  
021302011000000829

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika

son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

CONSTRUYENDO CONFIANZA



## Ficha técnica cemento Pacasmayo tipo I



### DESCRIPCIÓN

**Cemento Portland Tipo I.** Gracias a su nuevo diseño de Clinker, se logra un concreto más durable brindando alta resistencia a todas las edades.



### USOS

- Cemento de uso general.

### ATRIBUTOS

**Diseño supera los requisitos de las normas nacionales**

**Altas resistencias a todas las edades**

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

### RECOMENDACIONES



Mantener el cemento en un lugar seco bajo techo, protegido de la humedad.



Almacenar en pilas de menos de 10 sacos.

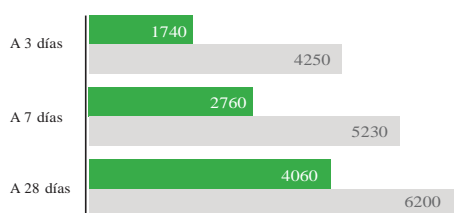


Utilizar agregados y materiales certificados y de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

### RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN



Resistencia a la compresión (PSI)

■ Resultado Prom edio ■ Requisito NTP334.090 / ASTM C150

# Cemento Portland tipo I

## Requisitos Normalizados

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

Resultado promedio de nuestros productos.

### Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO <sub>3</sub> (%)	3.0 máx.	2.7
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	3.1
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.7

### Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	6
Superficie específica (cm <sup>2</sup> /g)	2600 mín.	3810
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.12
Densidad (g/mL)	A	3.12
Resistencia a la compresión min. (MPa)		
1 día	A	15.8
3 días	12.0	30.3
7 días	19.0	37.0
28 días <sup>(1)</sup>	28.0	42.1
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	110
Final, no mayor que:	375	238

A No especifica.

(1) Requisito opcional.

### VENTAJAS



Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.



## Resultados de ensayos de laboratorio

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO  
**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	117.3	116.9	
Peso recipiente + muestra humeda	gr	1,206.6	1,218.2	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,201.1	1,213.7	
Peso de muestra humeda	gr	1,089.3	1,101.3	
Peso de muestra seca	gr	1,083.8	1,096.8	
Peso de agua	gr	5.5	4.5	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.5	0.4	<b>0.5</b>

**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR

**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA

**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO

**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	14.633	14.670	14.801	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	16.043	16.095	16.012	
Peso de recipiente	kg	3.575	3.575	3.575	
Peso de muestra en estado suelto	kg	11.058	11.095	11.226	
Peso de muestra en estado compactado	kg	12.468	12.520	12.437	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,569	1,574	1,592	<b>1,578</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,769	1,776	1,764	<b>1,770</b>

**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

### NORMA DE ENSAYO NTP 400.022

#### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO  
**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

#### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	498.2	493.3	
Peso del pignometro lleno de agua	gr	669.0	669.0	
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	983.7	979.9	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	504.3	499.6	
<b>Peso especifico base seca</b>	gr/cm3	2.63	2.61	<b>2.62</b>
Peso especifico base SSS	gr/cm3	2.66	2.65	2.66
<b>Absorcion</b>	%	1.2	1.3	<b>1.3</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

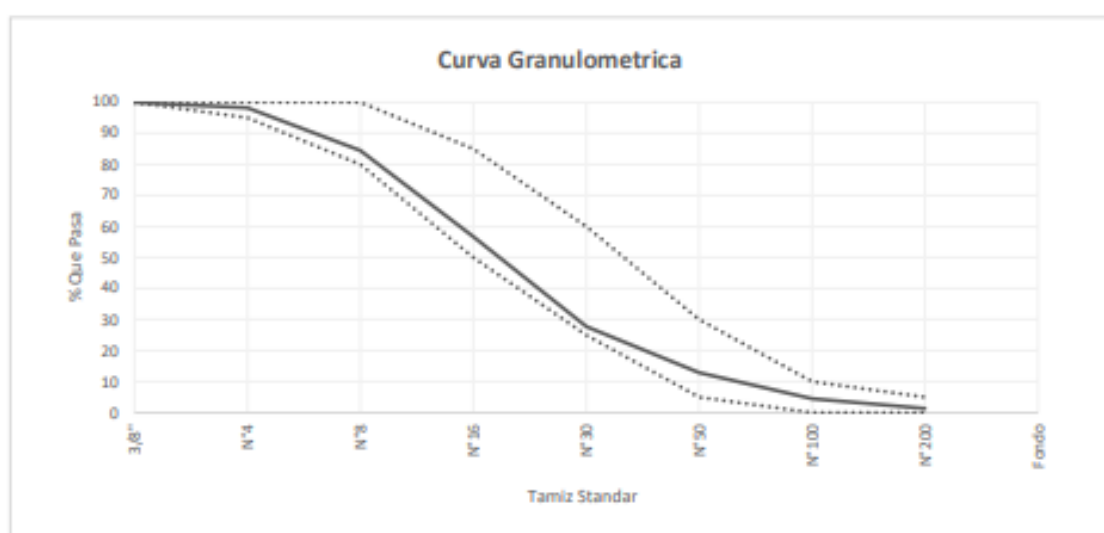
La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el Solicitante.

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO  
**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	<b>Características físicas:</b> Tamaño Max. Nom. : Cont. de Humedad: 0.5 % Módulo de Finura: 3.16
N°4	4.750	22.1	1.8	1.8	98.2	95	100	
N°8	2.360	168.6	13.7	15.5	84.5	80	100	
N°16	1.180	340.9	27.8	43.3	56.7	50	85	
N°30	0.600	356.4	29.0	72.3	27.7	25	60	
N°50	0.300	182.2	14.8	87.1	12.9	5	30	
N°100	0.150	102.7	8.4	95.5	4.5	0	10	
N°200	0.075	38.3	3.1	98.6	1.4	0	5	
Fondo	-	16.8	1.4	100.0	0.0			
		<b>1228.0</b>	<b>100</b>					



**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

## CONTENIDO DE HUMEDAD

NORMA DE ENSAYO NTP 339.185

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR

**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA

**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO

**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso recipiente	gr	262	258	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	3,426	3,403	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,409	3,390	
Peso de muestra húmeda	gr	3,164	3,145	
Peso de muestra seca	gr	3,147	3,132	
Peso de agua	gr	17	13	
<b>Contenido de humedad</b>	%	0.5	0.4	<b>0.5</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

## PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.017

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR

**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA

**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO

**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	13.894	13.933	13.898	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	14.965	14.996	14.952	
Peso de recipiente	kg	3.575	3.575	3.575	
Peso de muestra en estado suelto	kg	10.319	10.358	10.323	
Peso de muestra en estado compactado	kg	11.390	11.421	11.377	
Volumen del recipiente	m <sup>3</sup>	0.0071	0.0071	0.0071	
<b>Peso unitario suelto</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,464	1,469	1,464	<b>1,466</b>
<b>Peso unitario compactado</b>	kg/m <sup>3</sup>	1,616	1,620	1,614	<b>1,617</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.

## PESO ESPECIFICO Y ABSORCION

NORMA DE ENSAYO NTP 400.021

### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR

**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA

**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO

**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

### 2. RESULTADOS DEL ENSAYO

Descripcion	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Peso de la muestra secada en horno al aire	gr	3,029	3,011	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	3,062	3,040	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,944	1,937	
<b>Peso especifico base seca</b>	gr/cm <sup>3</sup>	2.71	2.73	<b>2.72</b>
Peso especifico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.74	2.76	2.75
<b>Absorcion</b>	%	1.1	1.0	<b>1.1</b>

#### OBSERVACIONES:

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

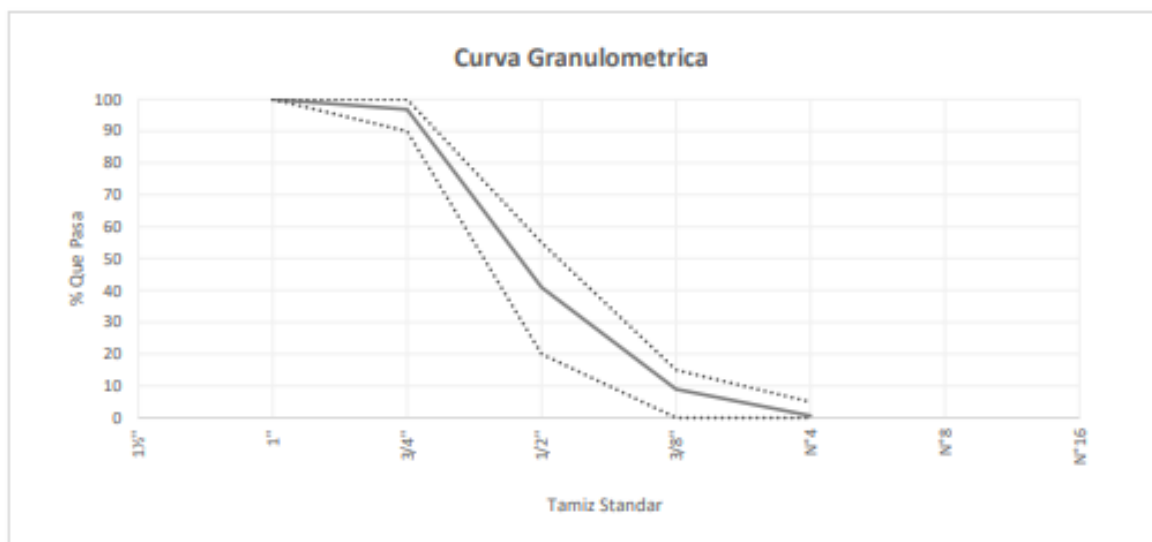
La identificacion y procedencia del material es informacion proporcionada por el Solicitante.

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA DE ENSAYO NTP 400.012

**SOLICITANTE** : LUIS PASTOR  
**MATERIAL** : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ZARANDEADA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA QUEBRADA EL LEON - SECTOR EL MILAGRO - HUANCHACO  
**FECHA DE ENSAYO** : 02/11/2021

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites Huso 6 (NTP 400.037)		Datos de la muestra
						Mínimo	Máximo	
1 1/2"	37.50							
1"	25.00	0	0.0	0.0	100.0	100	100	
3/4"	19.00	162	3.2	3.2	96.8	90	100	<b>Características físicas:</b>
1/2"	12.50	2830	55.9	59.1	40.9	20	55	Tamaño Max. Nom.: 3/4"
3/8"	9.50	1617	31.9	91.0	9.0	0	15	Cont. de Humedad: 0.5 %
N°4	4.75	425	8.4	99.4	0.6	0	5	Modulo de Finura: 6.93
N°8	2.36	23	0.5	99.9	0.1			
N°16	1.18		0.0	99.9	0.1			
Fondo	-	5	0.1	100.0	0.0			
		<b>5062</b>	<b>100.0</b>					



**OBSERVACIONES:**

La muestra del material fue proporcionada por el Solicitante.

La identificación y procedencia del material es información proporcionada por el Solicitante.



## INFORME DE ENSAYO N° 1749-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 05/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 280 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:

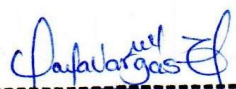
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DP280-1	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	9504	121	43%	5
DP280-2	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11628	148	53%	2
DP280-3	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	12171	155	55%	2
DP280-4	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	12095	154	55%	2
DP280-5	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11036	141	50%	4
DP280-6	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	10884	139	50%	2
DP280-7	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11093	141	50%	2
DP280-8	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11858	151	54%	2
DP280-9	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	10268	131	47%	5
DP280-10	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11903	152	54%	2
DP280-11	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11718	149	53%	4
DP280-12	280	04/11/2021	05/11/2021	1	10.0	78.54	11134	142	51%	2
Promedio								144	51%	

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (F<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1761-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 07/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 280 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO


(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DP280-13	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	24453	311	111%	2
DP280-14	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	23620	301	108%	2
DP280-15	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	26173	333	119%	1
DP280-16	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	27470	350	125%	1
DP280-17	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	23778	303	108%	2
DP280-18	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	25900	330	118%	4
DP280-19	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	27081	345	123%	1
DP280-20	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	25078	319	114%	1
DP280-21	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	24639	314	112%	2
DP280-22	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	25259	322	115%	1
DP280-23	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	26515	338	121%	1
DP280-24	280	04/11/2021	07/11/2021	3	10.0	78.54	23910	304	109%	2
<b>Promedio</b>								<b>323</b>	<b>115%</b>	

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP. N° 170889**

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1782-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 11/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 280 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:


RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DP280-25	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	28888	368	131%	1
DP280-26	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29228	372	133%	1
DP280-27	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	28261	360	129%	2
DP280-28	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29016	369	132%	1
DP280-29	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	28813	367	131%	2
DP280-30	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	30079	383	137%	1
DP280-31	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29810	380	136%	1
DP280-32	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29052	370	132%	1
DP280-33	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	28796	367	131%	2
DP280-34	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	30032	382	136%	1
DP280-35	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29871	380	136%	1
DP280-36	280	04/11/2021	11/11/2021	7	10.0	78.54	29067	370	132%	2
Promedio								372	133%	

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889



## INFORME DE ENSAYO N° 1911-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 02/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 280 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:


RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
DP280-37	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	32231	410	146%	2
DP280-38	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	36951	470	168%	1
DP280-39	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	35344	450	161%	1
DP280-40	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	39053	497	178%	1
DP280-41	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	36156	460	164%	1
DP280-42	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	32341	412	147%	2
DP280-43	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	40137	511	183%	1
DP280-44	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	36758	468	167%	2
DP280-45	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	36826	469	168%	1
DP280-46	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	20076	256	91%	5
DP280-47	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	36169	461	165%	1
DP280-48	280	04/11/2021	02/12/2021	28	10.0	78.54	34644	441	158%	2
Promedio								442	158%	

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelyn Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1771-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 09/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 1 (10% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CPIF10-1	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	706	9		3
CPIF10-2	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	570	7		3
CPIF10-3	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	1430	18		3
CPIF10-4	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	809	10		3
CPIF10-5	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	1021	13		3
CPIF10-6	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	530	7		3
CPIF10-7	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	493	6		3
CPIF10-8	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	1250	16		3
CPIF10-9	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	417	5		3
CPIF10-10	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	549	7		3
CPIF10-11	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	583	7		3
CPIF10-12	N.E.	08/11/2021	09/11/2021	1	10.0	78.54	940	12		3

Promedio

10

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelyn Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1783-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 11/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 1 (10% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

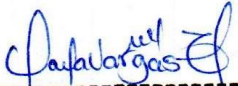
Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP1F10-13	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1143	15		3
CP1F10-14	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1531	19		3
CP1F10-15	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1380	18		3
CP1F10-16	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	2650	34		2
CP1F10-17	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	999	13		3
CP1F10-18	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1290	16		3
CP1F10-19	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1450	18		3
CP1F10-20	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	2004	26		5
CP1F10-21	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	990	13		3
CP1F10-22	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1546	20		3
CP1F10-23	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1130	14		3
CP1F10-24	N.E.	08/11/2021	11/11/2021	3	10.0	78.54	1432	18		5

Promedio

19

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889



## INFORME DE ENSAYO N° 1810-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 15/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 1 (10% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP1F10-25	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1152	15		3
CP1F10-26	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1763	22		3
CP1F10-27	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	3040	39		5
CP1F10-28	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	4500	57		2
CP1F10-29	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	3240	41		3
CP1F10-30	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	2761	35		3
CP1F10-31	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	2700	34		5
CP1F10-32	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1234	16		3
CP1F10-33	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	700	9		3
CP1F10-34	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1312	17		3
CP1F10-35	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1572	20		3
CP1F10-36	N.E.	08/11/2021	15/11/2021	7	10.0	78.54	1548	20		3
Promedio								27		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1924-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 06/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 1 (10% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

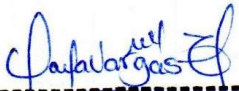
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP1F10-37	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4065	52		5
CP1F10-38	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	5672	72		2
CP1F10-39	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4115	52		2
CP1F10-40	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4897	62		2
CP1F10-41	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4122	52		5
CP1F10-42	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	3988	51		2
CP1F10-43	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	1976	25		3
CP1F10-44	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4125	53		2
CP1F10-45	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4118	52		5
CP1F10-46	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	4893	62		2
CP1F10-47	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	5231	67		2
CP1F10-48	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	10.0	78.54	1907	24		5
Promedio								52		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1779-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 10/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 2 (20% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP2F20-1	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	1320	17		3
CP2F20-2	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	3009	38		3
CP2F20-3	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	3018	38		3
CP2F20-4	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	2039	26		3
CP2F20-5	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	4561	58		3
CP2F20-6	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	3360	43		3
CP2F20-7	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	6120	78		3
CP2F20-8	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	4211	54		3
CP2F20-9	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	6845	87		3
CP2F20-10	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	2232	28		3
CP2F20-11	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	2650	34		3
CP2F20-12	N.E.	09/11/2021	10/11/2021	1	10.0	78.54	9480	121		3

Promedio

52

### NOTAS

1. El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
2. La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
3. Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
4. Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
5. Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP. N° 170889**

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1791-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 12/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO

PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU

ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 2 (20% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

(Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP2F20-13	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	2318	30		5
CP2F20-14	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	3422	44		2
CP2F20-15	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	3240	41		2
CP2F20-16	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	2515	32		2
CP2F20-17	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	6580	84		2
CP2F20-18	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	2533	32		2
CP2F20-19	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	1982	25		3
CP2F20-20	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	2730	35		2
CP2F20-21	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	3132	40		2
CP2F20-22	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	2019	26		3
CP2F20-23	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	3146	40		2
CP2F20-24	N.E.	09/11/2021	12/11/2021	3	10.0	78.54	1910	24		3
Promedio								38		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f<sub>c</sub>), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
**ING. CIVIL**  
**R. CIP. N° 170889**

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe





## INFORME DE ENSAYO N° 1813-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 16/11/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 2 (20% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm2)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm2)	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP2F20-25	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	4053	52		5
CP2F20-26	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	18550	236		1
CP2F20-27	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	13587	173		2
CP2F20-28	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	12061	154		2
CP2F20-29	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	7063	90		5
CP2F20-30	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	15780	201		2
CP2F20-31	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	13910	177		2
CP2F20-32	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	4431	56		5
CP2F20-33	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	17139	218		1
CP2F20-34	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	3128	40		5
CP2F20-35	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	6778	86		2
CP2F20-36	N.E.	09/11/2021	16/11/2021	7	10.0	78.54	24593	313		1
Promedio								150		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

QUALITY CONTROL EXPRESS S.A.C.

AV. America Sur 4138 Urb. San Andres III Etapa - Trujillo // (044) 705879 - 951441959 // ventas@qce.com.pe



## INFORME DE ENSAYO N° 1933-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 07/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

SOLICITANTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 2 (20% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:


RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO  
 (Norma de Ensayo ASTM C39/NTP 339.034)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Diametro (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Carga Maxima (kg)	Resistencia Compresion (kg/cm <sup>2</sup> )	Porcentaje Resistencia	Tipo de Falla
CP2F20-37	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	8064	103		5
CP2F20-38	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	10680	136		2
CP2F20-39	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	20134	256		1
CP2F20-40	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	16454	209		1
CP2F20-41	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	17245	220		1
CP2F20-42	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	14926	190		2
CP2F20-43	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	32201	410		1
CP2F20-44	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	17668	225		2
CP2F20-45	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	24515	312		1
CP2F20-46	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	8087	103		5
CP2F20-47	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	20864	266		1
CP2F20-48	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	10.0	78.54	10644	136		2
Promedio								214		

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'c), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, N° Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021, con velocidad de carga conforme a la Norma ASTM C39
- Se usaron almohadillas de neopreno como elementos de distribución de carga, conforme a la Norma ASTM C1231
- Los tipos de falla indicados en los resultados corresponden a los descritos en la norma ASTM C39

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889



## INFORME DE ENSAYO N° 1912-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 02/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PATRON F'C = 280 KG/CM2

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO  
 (Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
Especimen (1)	N.E.	04/11/2021	02/12/2021	28	15.5	15.6	46.5	4433	54.6	Tercio Central
Especimen (2)	N.E.	04/11/2021	02/12/2021	28	15.5	15.5	46.5	4035	50.4	Tercio Central
Especimen (3)	N.E.	04/11/2021	02/12/2021	28	15.6	15.8	46.5	5114	61.1	Tercio Central
Promedio									55.4	

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889



## INFORME DE ENSAYO N° 1925-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 06/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 1 (10% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:


RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO  
 (Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicacion de la Falla
Especimen (1)	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	15.4	15.6	46.5	963	11.9	Tercio Central
Especimen (2)	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	15.5	15.6	46.5	1117	13.8	Tercio Central
Especimen (3)	N.E.	08/11/2021	06/12/2021	28	15.5	15.7	46.5	1687	20.5	Tercio Central
Promedio									15.4	

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad. Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

  
 -----  
**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889



## INFORME DE ENSAYO N° 1934-2021-QCE/TRJ

Fecha de Emision: 07/12/2021

### 1. INFORMACION DEL SOLICITANTE

CLIENTE : LUIS MANUEL PASTOR HUAMANI / DIEGO ALONSO REYES NARRO  
 PROYECTO : PROPIEDADES FISICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RIGIDO EN TRUJILLO, PERU  
 ID MUESTRA : CONCRETO PERMEABLE 2 (20% FINOS)

### 2. TIPO DE ENSAYO:

RESISTENCIA A FLEXION EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGA A LOS TERCIOS DEL TRAMO  
 (Norma de Ensayo NTP 339.078-2012)

### 3. RESULTADO DE ENSAYOS:

Identificacion Testigo	f'b (kg/cm2)	Fecha de Elaboracion	Fecha de Ensayo	Edad (Dias)	Ancho Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Longitud Tramo (cm)	Carga Maxima (kg)	Resistencia Flexion (kg/cm2)	Ubicación de la Falla
Especimen (1)	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	15.6	15.7	46.5	4071	49.2	Tercio Central
Especimen (2)	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	15.5	15.6	46.5	3956	48.8	Tercio Central
Especimen (3)	N.E.	09/11/2021	07/12/2021	28	15.5	15.5	46.5	3589	44.8	Tercio Central
Promedio									47.6	

### NOTAS

- El muestreo, elaboración de testigos, transporte al laboratorio y curado, han sido ejecutados por el Solicitante.
- La identificación de probetas, resistencia especificada (f'b), e información del solicitante, son datos proporcionados por el Cliente.
- Los ensayos se realizaron en una máquina de compresión automática marca ALFA, Modelo B-001/LCD/2, Nro. Serie 050220/21, de 2000 kN de capacidad.  
Con certificado de calibración N° PT-LF-061-2021

**Carla Evelin Vargas Toribio**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 170889

## Anexo 3: R.D. que aprueba el proyecto de investigación



**UPAO** | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 23 de diciembre de 2021

**RESOLUCIÓN N° 2243-2021-FI-UPAO**

**VISTO**, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado: **"PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO, PERÚ"**, de los Bachilleres: **PASTOR HUAMANÍ, LUIS MANUEL y REYES NARRO, DIEGO ALONSO**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

**CONSIDERANDO:**

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ing. SEGUNDO VARGAS LOPEZ**, Presidente; **Ing. STEWART LOPEZ OTINIANO**, Secretario; **Ing. LUCIO MEDINA CARBAJAL**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 28° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

**SE RESUELVE:**

**PRIMERO: APROBAR** la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **PASTOR HUAMANÍ, LUIS MANUEL y REYES NARRO, DIEGO ALONSO**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**SEGUNDO: APROBAR y DISPONER** la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: titulado: **"PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO, PERÚ"**.

**TERCERO: COMUNICAR** a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.**



Dr. Ángel Alandca Quenta  
DECANO

## Anexo 5: Constancia del asesor

**COMPROMISO DEL ASESOR**

**Rocío del Pilar Durand Orellana**, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería civil identificado con el ID 42565 debidamente colegiado y habilitado con CIP 60518, me comprometo a asesorar el proyecto de tesis titulado "PROPIEDADES FÍSICAS DE UN CONCRETO PERMEABLE APLICADO A UN PAVIMENTO RÍGIDO EN TRUJILLO, PERÚ" cuyos autores son los bachilleres Luis Manuel Pastor Huamaní y Diego Alonso Reyes Narro; hasta la sustentación de la misma.

Trujillo, 17 de Abril del 2021



.....

Dra. Rocío Durand Orellana  
CIP 60518