



**Universidad Científica del Perú - UCP**

*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,  
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

## **TESIS**

**“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO  
CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE  
PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA  
CIUDAD DE TOCACHE”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERA CIVIL**

**ASESOR:**

**Ing° Rodrigo Rodríguez Rivera**

**CO-ASESOR:**

**M.Sc. Ing. José Luis Noriega Dávila**

**AUTOR:**

**Sopan Hernández Genith.  
SOTO JARA, Lisbeth**

**TARAPOTO – PERÚ  
2020**

# ***DEDICATORIA***

Dedico este Proyecto a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor; y a mis padres por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante.

**SOTO JARA, Lisbeth**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza en todo momento, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mis padres: Pedro Agapo Sopan y Elena Hernández; por ser las personas que me han acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de la vida.

A mis Hermanos: Hela Kellyta Sopan, Milton Jhony Sopan, Grober Sopan y Noemi Luz Sopan; Por haberme apoyado en la vida para mi formación personal. A mi familia en general.

A mis amigos, que gracias al equipo que formamos logramos llegar hasta el final del camino. A mis profesores, por su tiempo, por su apoyo, así como por los conocimientos que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

**SOPÁN HERNÁNDEZ, Genith**

# **AGRADECIMIENTO**

El hombre no se hace solo por eso quiero agradecer a las personas que me han apoyado en la elaboración de este trabajo:

Agradecer hoy y siempre a mi familia por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo en mis estudios, de ser así no hubiese sido posible. A mis padres PEDRO F. SOTO SEVILLANO Y CARMEN JARA VALDIVIEZO, y demás familiares ya que me brindan el apoyo, la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

**SOTO JARA, Lisbeth**

En primer lugar, le doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mis padres, que en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

El más sincero agradecimiento reconociendo su grandeza a la Universidad Científica del Perú y Docentes en especial a la Escuela de Ingeniería civil por haberme permitido formarme profesionalmente.

**SOPÁN HERNÁNDEZ, Genith**

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO  
PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN  
GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TÓCACHE"**

De los alumnos: **GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **13% de plagio**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 26 de junio del 2020.



Dr. César J. Ramal Asayag  
Presidente del Comité de Ética – UCP

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** UCP\_INGENIERIA CIVIL\_2020\_TESIS\_LISBETH SOTO\_GENITH SOPAN\_V1.pdf (D75624869)  
**Submitted:** 6/25/2020 6:32:00 PM  
**Submitted By:** revision.antiplagio@ucp.edu.pe  
**Significance:** 13 %

### Sources included in the report:

14. Branco Tarifeño. Rev.1.pdf (D54439682)  
14. Branco Tarifeño.docx (D51749583)  
CIVIL\_2019\_PT\_GarcíaCarlos&CórdovaJordan\_V2.pdf (D50862668)  
1470626862\_918\_GRUPO%252B17\_INVESTIGACION.doc (D21334458)  
<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/3616/Tesis%20Ing%20Monetti%2002-07-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<https://core.ac.uk/download/pdf/83116069.pdf>  
[https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625617/EsquerreG\\_M.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/625617/EsquerreG_M.pdf?sequence=4&isAllowed=y)  
<https://pt.slideshare.net/PepeBrionesVasquez/concreto-poroso>

### Instances where selected sources appear:

23

“Año de la Universalización de la Salud”  
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

**FACULTAD DE  
CIENCIAS E  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

Con Resolución Decanal N° 120-2019-UCP-FCEI del 15 de marzo de 2019, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- |  |            |
|--|------------|
| • Ing. Caleb Rios Vargas, M. Sc.       | Presidente |
| • Ing. Juan Fredi Segundo Sota, M. Sc. | Miembro    |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo.     | Miembro    |

Como Asesor: Ing. Rodrigo Rodríguez Rivera

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día 09 de Julio del 2020, modo virtual con la plataforma del ZOOM, supervisado en línea por la Secretaria Académica de la Facultad y el Director de Gestión Universitaria de la Filial Tarapoto de la Universidad, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE”**

Presentado por los sustentantes:

**GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ y LISBETH SOTO JARA**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron; ...ABSUELTAS...

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: ...APROBADA POR MAYORÍA CON CATORCE (14)...

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

# APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día Jueves 09 de Julio a las 18:00 horas, Del  
2020



---

**M.Sc. ING. CALEB RÍOS VARGAS**  
PRESIDENTE DEL JURADO



---

**Mg. ING. JUAN FREDI SEGUNDO SOTA**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**ING. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO**  
MIEMBRO DEL JURADO

# INDICE

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO .....	3
RESUMEN .....	i
ABSTRAC.....	ii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. TÍTULO .....	1
1.2. ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.5. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
1.6. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	4
1.7. BASES TEÓRICAS .....	7
1.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	21
1.9. HIPÓTESIS.....	24
1.10. VARIABLES:.....	24
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	25
<b>2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....</b>	<b>25</b>
<b>2.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.....</b>	<b>26</b>
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
<b>3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>27</b>
<b>3.1.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PARA LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS, PARA 1M<sup>3</sup> DE CONCRETO IMPERMEABLE .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4. ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
<b>3.5. TIPO DE FRACTURA.....</b>	<b>37</b>



<b>3.6. ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA</b> .....	37
<b>3.7. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD</b> .....	38
<b>3.8. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS</b> .....	38
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	39
<b>4.1. CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>4.2. RECOMENDACIONES</b> .....	40
<b>CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFÍA</b> .....	41
<b>CAPÍTULO VI: ANEXOS</b> .....	42

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Concreto Permeable .....	7
Ilustración 2: Ejemplos de concretos permeables con diferentes contenidos de agua, .....	10
Ilustración 3: a) asfalto normal y poroso, b) concreto poroso.....	14
Ilustración 4: a) Disposición típica de un sistema de pavimento permeable,.....	15
Ilustración 5: Estructuras modulares con bloques a) juntas, b) aperturas. ....	16
Ilustración 6: Estructura del pavimento permeable de infiltración total.....	16
Ilustración 7: Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial. ....	16
Ilustración 8: Estructura del pavimento permeable de infiltración nula .....	17
Ilustración 9: Imagen Satelital Ubicación Jr. Malecón German Aliaga .....	26
Ilustración 10: Proporción Óptima para Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> permeable.....	33
Ilustración 11: Grafico Barras Resistencia a la Compresión.....	36
Ilustración 12: Tipos de Fracturas .....	37
Ilustración 13: Diagrama de Barras Permeabilidad .....	38

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Físicas de los Agregados .....	27
Tabla 2: Requerimientos Agregado Grueso.....	28
Tabla 3: Resumen de Materiales por cada Diseño de Mezcla .....	30
Tabla 4: Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco.....	31
Tabla 5: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión.....	32
Tabla 6: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos .....	33
Tabla 7: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión.....	34
Tabla 8: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes .	35
Tabla 9: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos .....	36
Tabla 10: Análisis de Costos de Materiales por m <sup>3</sup> para cada Mezcla .....	37

# ANEXOS

ANEXO 1: Características Físicas Mecánicas Agregado Grueso .....	42
ANEXO 2: Diseño de Mezclas Concreto Permeable 15% Vacíos .....	43
ANEXO 3: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 20% Vacíos .....	46
ANEXO 4: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 24% Vacíos .....	49
ANEXO 5: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 25% Vacíos .....	52
ANEXO 6: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días (15%,20% y 25%) .....	55
ANEXO 7: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días (15%, 20% y 25%) .....	56
ANEXO 8: Pruebas de Resistencia la Compresión 28 días (15%, 20% y 25%) .....	57
ANEXO 9: Pruebas de Resistencia la Compresión 7, 14 ,28días para 24% Vacíos .....	58
ANEXO 10: Determinación del Coeficiente de Permeabilidad .....	59

## ***RESUMEN***

Esta investigación tuvo como finalidad, determinar un tipo de concreto permeable, con capacidad de infiltrar las aguas pluviales y derivarlas a drenes naturales o artificiales y solucionar el problema de aniego en zonas lluviosas y con topografía plana.

Tuvo como objetivo general, mejorar el sistema de drenaje pluvial del Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache, mediante la propuesta de diseño de pavimento de concreto permeable.

Se llegaron a las siguientes conclusiones: Se evidenció que la mezcla con 15% de vacíos tuvo la mayor resistencia, y la mezcla de 25% de vacíos tuvo la menor resistencia, teniendo entre ambas una diferencia de 24.93 kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que la mezcla con diseño Óptimo de 24% de vacíos obtuvo una resistencia de 210.15 kg/cm<sup>2</sup>, valor muy cercano a la resistencia de diseño.

En el ensayo de permeabilidad, para el diseño de mezcla óptima de 24% de vacíos, se obtiene resultados prácticamente uniformes, además se determinó el coeficiente de permeabilidad promedio en 0.457 cm/s, el cual está dentro del rango de concreto permeable que esta entre 0.2 a 0.54 cm/s.

**Palabras claves: Pavimento poroso, infiltración y permeabilidad.**

## ***ABSTRAC***

The purpose of this research was to determine a type of permeable concrete, with the capacity to infiltrate rainwater and divert it to natural or artificial drains and solve the problem of flooding in rainy areas with flat topography.

Its general objective was to improve the storm drainage system of the Jr. Malecon German Aliaga in the city of Tocache, by proposing a design for pervious concrete pavement.

The following conclusions were reached: It was shown that the mixture with 15% of voids had the highest resistance, and the mixture of 25% of voids had the least resistance, having a difference of 24.93 kg / cm<sup>2</sup> between the two. While the mixture with 24% vacuum optimo design obtained a resistance of 210.15 kg / cm<sup>2</sup>, a value very close to the design resistance.

In the permeability test, for the optimal mix design of 24% of voids, practically uniform results are obtained, and the average permeability coefficient was determined at 0.457 cm / s, which is within the range of permeable concrete that is between 0.2 to 0.54 cm / s.

**Key words: Porous pavement, infiltration and permeability.**

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1. TÍTULO**

“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE”

### **1.2. ÁREA Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Área:

Diseño de Estructura de Pavimento.

Línea:

Infraestructura Vial Urbana.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La provincia de Tocache se encuentra ubicada en la cuenca alta del río Huallaga, al sur del departamento de San Martín. El clima es tropical, por lo tanto, genera una gran cantidad de lluvia, aún en el mes más seco (julio), la mayor cantidad de precipitación ocurre en el mes de noviembre aproximadamente.

En la actualidad, la mayoría de las calles de Tocache están pavimentadas, sin embargo, estos pavimentos convencionales ocasionan impermeabilizaciones importantes en el espacio urbano, lo cual aumenta los riesgos de inundación.

En las últimas décadas, la ciudad de Tocache viene presentando problemas en la evacuación de aguas pluviales en periodos de lluvias, una de las causas principales de este problema es el cambio climático. Además, los efectos de este cambio han incrementado la intensidad de las lluvias. Por lo tanto, existe la necesidad de utilizar herramientas que permitan mantener los centros urbanos en adecuadas condiciones de transitabilidad.

Una de las situaciones que muestran el problema ocurrió el mes de enero del 2018, la calle principal Fredy Aliaga que conecta el mercadillo con la plaza de armas resulto inundada a causa de la intensidad de las lluvias, provocando problemas vehiculares, peatonales y también económicas. Otra calle afectada es el Jr. Malecón German Aliaga, ya que no está pavimentada solo esta afirmada, en épocas de lluvias se acumulan en charcos, causando mal olor y mayores cantidades de baches, generando un aspecto inapropiado al lugar turístico (Malecón). Si la situación actual continua, el desarrollo urbano, la circulación vehicular y peatonal, seguirán siendo afectadas.

En este contexto, esta investigación pretende encontrar una solución al problema de drenaje pluvial a través del uso del concreto permeable, material caracterizado por su alta capacidad de infiltración a través de sus poros interconectados para dar una mejor evacuación de las aguas proveniente de las lluvias hacia los drenes.

## **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### ***Problema general***

¿En qué medida el diseño de pavimento de concreto permeable podría mejorar el sistema de drenaje pluvial del Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache en el año 2019?

### ***Problemas específicos***

- ¿De qué forma las precipitaciones podrían influir en el diseño de concreto permeable?
- ¿De qué manera la permeabilidad del concreto tiene influencia con el diseño de pavimento?

## **1.5. OBJETIVOS**

### ***Objetivo General***

Mejorar el sistema de drenaje pluvial del Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache mediante la propuesta de diseño de pavimento de concreto permeable en el año 2019.

### ***Objetivos específicos***

- Diseñar mezclas de concreto permeable con proporciones de vacíos 15%, 20%, 24% y 25%. Y a la vez determinar el diseño de mezcla óptimo.
- Realizar los ensayos según la norma ASTM C1707 para concreto permeable endurecido.
- Determinar el cumplimiento de los requisitos mínimos de resistencia a la compresión para el uso como capa de rodadura en vías locales y pavimentos especiales según la CE. 010 Pavimentos Urbanos.
- Evaluar el coeficiente de infiltración del diseño de mezcla Óptima de 24% de vacíos.

## **1.6. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

**Con referencia a nuestro tema de investigación, tenemos una publicación de Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería en Construcción, Titulada “Metodología De Diseño Para Concretos Permeables y sus Respectivas Correlaciones de permeabilidad”, que llegan a las siguientes conclusiones:**

- Se formuló realizar una propuesta de metodología de diseño de concreto permeable que toma en cuenta las características de forma del agregado, cemento a utilizar, relación A/C y energía de compactación a aplicarse; sumado a esto se propusieron índices de compactación propios asociados a energías de compactación específicas.
- Se observó al trabajar con las mezclas en estado fresco que para la relación A/C de 0,25 la trabajabilidad era muy baja con lo cual se hacía difícil el manejo de esta, para la relación de 0,27 a pesar de ser un aumento pequeño la diferencia en la trabajabilidad es apreciable debido a lo que se ha mencionado respecto a lo delicado que llega a ser el tema del agua; de la misma manera y como era de esperarse para la relación de 0,30 la trabajabilidad mejora aún más.
- Las mezclas de concretos permeables alcanzan resistencias menores que las de los concretos convencionales utilizando el mismo cemento, esto sucede debido a su configuración de estructura abierta que produce vacíos en el material, los cuales son ocupados por la combinación de agregado fino y cemento en los concretos convencionales.
- Se obtuvieron resistencias a la compresión uniaxial a 28 días para el diseño A desde los 14,50 MPa hasta los 19,45 MPa; mientras para el diseño B en el rango de los 12,99 MPa hasta los 13,70 MPa.



**Martínez, Geinner (2013). En su Trabajo de grado Titulada “Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible “Suds” Como Alternativa de Control y Regulación de las Aguas Lluvias en la Ciudad De Palmira”, Universidad Militar Nueva Granada – Bogotá D.C. Presenta las siguientes conclusiones:**

- Realizada la consulta de diversas fuentes en materia de SUDS, fue posible conocer la gran variedad de técnicas no convencionales que han surgido como alternativa a las deficiencias de los sistemas convencionales para la recolección y transporte de aguas lluvias, así como los múltiples beneficios de la implantación adecuada de estos sistemas en diversos escenarios. Estas técnicas de gran aceptación y aplicación en muchos países surgieron en respuesta a los problemas asociados al crecimiento de las ciudades, a la impermeabilización del suelo, a la limitación de los sistemas existentes de drenaje.
- La ciudad de Palmira presenta al interior del perímetro urbano un porcentaje importante de áreas y vacíos urbanos destinados al desarrollo de diversos proyectos urbanísticos, adicionalmente en la última actualización del POT incluye nuevas áreas de expansión que incrementaran las superficies impermeables y con ello los volúmenes de escorrentía generando mayor presión y demanda no solo sobre la infraestructura de drenaje existente sino también sobre las fuentes receptoras. En este contexto se selecciona un proyecto destinado a la construcción de vivienda justificando la necesidad de realizar un manejo y control de las escorrentías por la limitada capacidad de la infraestructura existente y la magnitud de las obras necesarias en caso de una alternativa tradicional.
- Mediante la implementación y simulación del modelo hidráulico fue posible verificar el funcionamiento del sistema una vez implantado el estanque de detención, con la ventaja de simular el flujo tanto en la red como en el depósito de forma conjunta e interactiva, determinando el volumen necesario para un evento específico y comprobando la funcionalidad de los demás elementos que conforman el sistema, incluida la entrega regulada a la red existente.

**Polanco, Ángela y Sánchez, Ángela (2012). En su Tesis titulada “Diseño Hidráulico De Losas En Pavimento Poroso Rígido Como Estructuras Complementarias Al Drenaje Pluvial De Bogotá”, Pontificia Universidad Javeriana – Bogotá D.C. Presenta las siguientes conclusiones:**

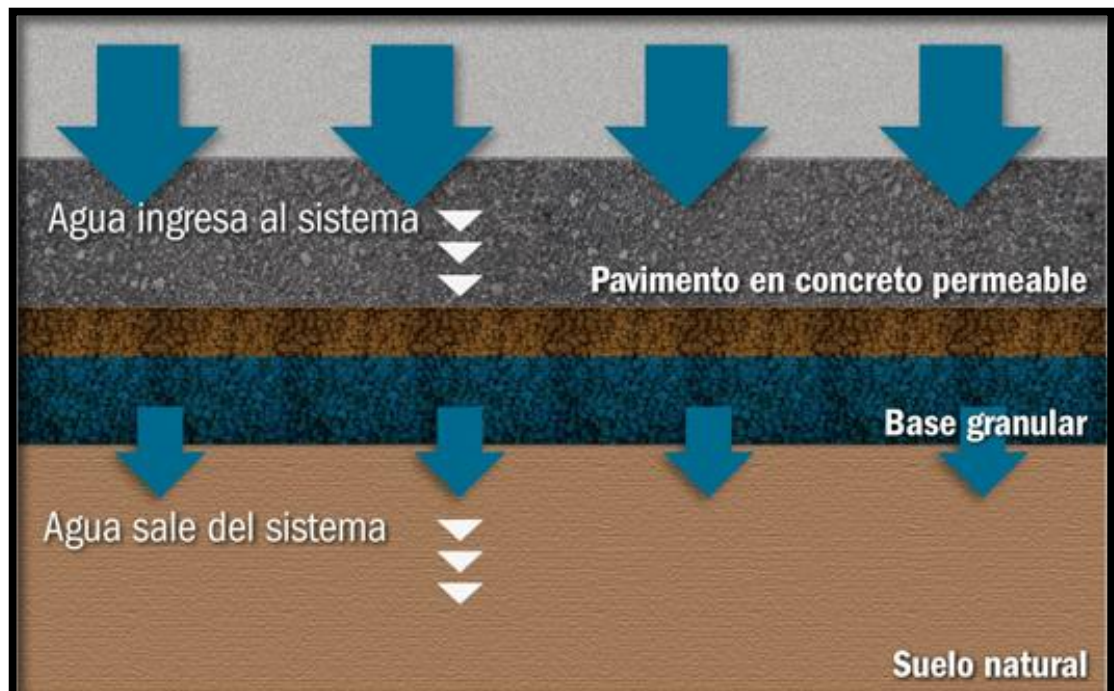
- En este trabajo de grado se propuso, tras una revisión de los métodos de diseño existentes, la utilización de un método de diseño de pavimento poroso rígido adaptado a la carga hidrológica característica de una zona específica de Bogotá (Avenida 68 con calle 80) y teniendo en cuenta propiedades hidráulicas y de envejecimiento de una mezcla de pavimento probada en condiciones de laboratorio Gómez et al. (2010), con el fin de controlar las posibles inundaciones que se ocasionen en la zona.
- De acuerdo a los resultados obtenidos mediante este trabajo de grado, se propone utilizar el método de la curva envolvente como metodología de diseño en la zona de estudio para un periodo de retorno de 2 años, ya que es el más avanzado puesto que arroja de manera inmediata el máximo almacenamiento requerido sin necesidad de realizar cálculos para diferentes duraciones, y adicionalmente se cuenta con la información hidrológica requerida para la aplicación del mismo.
- Adicionalmente se logró proponer un método para el cálculo del factor de seguridad en función del nivel de mantenimiento esperado, aspecto clave utilizado en el dimensionamiento hidráulico de pavimentos porosos rígidos adaptados a las condiciones hidrológicas del sitio de estudio y a las características de las mezclas de dichos pavimentos.

## 1.7. BASES TEÓRICAS

### CONCRETO PERMEABLE

Según el ACI 522R-2010, El concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco agregado fino, aditivos y agua. Estos componentes permiten obtener un material resistente con poros interconectados de aberturas entre 2 y 8 mm que permiten que el agua infiltre fácilmente. El contenido de vacíos que permite que el agua fluya está en el rango de 15 y 35% con una resistencia a la compresión típica de 28 a 280 kg/cm<sup>2</sup>. La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m<sup>2</sup> y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla.

*Ilustración 1: Concreto Permeable*



*Fuente: <http://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-najo-impacto>*

## **APLICACIONES**

Debido a su propiedad de infiltración y buen control de las aguas pluviales, el concreto permeable ha sido usado en una amplia variedad de aplicaciones, la más resaltante es su uso en pavimentos. Las ventajas del uso de pavimentos de concreto permeable sobre los pavimentos de concreto convencional son los siguientes: el control de sustancias contaminantes en aguas pluviales; control de la escorrentía de las aguas pluviales; aumento de las facilidades para estacionamientos mediante la eliminación de la necesidad de áreas para la retención de agua; reducción del brillo en gran parte de las capas superficiales de pavimentos, especialmente cuando es de noche; reducción del ruido generado por la interacción entre el neumático y el pavimento; eliminación o reducción de las dimensiones del drenaje pluvial; permitir que el aire y agua lleguen a las raíces de los árboles; entre otros. **(ACI 522R, 2010).**

Sin embargo, el éxito de estas aplicaciones dependerá de diferentes factores tales como la experiencia del constructor, la compactación del suelo y el adecuado diseño de acuerdo a la zona del proyecto.

El concreto permeable es también usado en la capa de rodadura en estacionamientos y vías de bajo tránsito.

Este material también es usado en diversas aplicaciones que requieren sus propiedades, por ejemplo, muros y losas donde se requiera de mejoras en la absorción acústica; capa superficial de pavimentos en parques, veredas, vías peatonales, ciclovías y canchas de tenis; pisos de zoológicos, granjas y jaulas de animales; o para cubiertas para piscinas, etc., **(ACI 522R, 2010).**

## **CRITERIOS DE DISEÑO.**

Se consideran tres etapas en el procedimiento de diseño: un análisis de factibilidad, un dimensionamiento de los elementos principales y finalmente el diseño de los elementos de detalle.

- **Factibilidad.** El estudio de factibilidad permite determinar, en base a los antecedentes disponibles sobre las características del suelo y del agua subterránea, si se pueden infiltrar o no las aguas lluvias superficiales hacia el suelo bajo el pavimento, y si es conveniente o no utilizar un pavimento poroso.
- **Dimensionamiento.** El dimensionamiento de los pavimentos porosos y de sus elementos principales requiere disponer de las características del terreno y del suelo base, así como también de estudios hidrológicos e hidrogeológicos.
- **Diseño de detalle.** Una vez determinados los espesores de las capas del pavimento es necesario abordar el diseño de detalle, que se traduce en los planos de la obra y sus especificaciones técnicas generales y especiales. En esta etapa se deberán dimensionar las cunetas, soleras y bermas, y demás elementos laterales necesarios, así como solucionar las condiciones de empalme y unión con los otros pavimentos conectados.

## **PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE.**

Las diversas propiedades del concreto permeable dependen principalmente de su porosidad (porcentaje de vacíos), que a su vez depende del contenido de cemento, relación agua cemento, el nivel de compactación, y la gradación del agregado y su calidad. El tamaño de los poros en el material también afecta las propiedades de resistencia. Aunque el concreto permeable se ha utilizado para la pavimentación por más de 20 años en los Estados Unidos, sólo unas pocas investigaciones se han realizado para determinar su rendimiento (Ghafoori & Dutta, 1995).

Se vuelve de suma importancia la cantidad de agua en la mezcla, ya que es uno de los puntos críticos y más delicados a la hora de realizar las mezclas; se debe tener vigilada la mezcla y saber cuándo se necesita más agua o, por el contrario, cuándo se añadió mucha. Para saber esto se puede realizar una simple prueba donde se toma una pequeña cantidad de concreto y se forma en una pelota, esta debería prácticamente mantener su forma como se ejemplifica en las siguientes imágenes:

*Ilustración 2: Ejemplos de concretos permeables con diferentes contenidos de agua, formados en una pelota: (a) muy poca agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) Mucha agua.*



*Fuente: Pervious Concrete Pavements (Paul D. Tennis).*

## **IMPACTO AMBIENTAL**

Desde hace varios años se ha venido utilizando el concreto permeable como una alternativa ecológica ante las utilizadas más comúnmente como los pavimentos, accesos, aceras etc., debido a sus propiedades únicas como lo es la alta capacidad de permeabilidad que esta tecnología brinda para el manejo del agua de lluvia, cualidad reconocida positivamente por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés).

Muchas plantas tienen dificultades para crecer en áreas cubiertas por los pavimentos impermeables, aceras y áreas verdes, ya que el aire y el agua tienen dificultades para llegar a las raíces. El concreto permeable permite a los árboles adyacentes recibir más aire y agua, permitiendo al mismo tiempo la plena utilización de la acera (Lee, Huang, Chang, & Pao, 2011). El concreto permeable ofrece una solución para los paisajistas y arquitectos que deseen utilizar vegetación en los estacionamientos y áreas urbanas pavimentadas (Tennis, Leming, & Akers, 2004), EPA le atribuye las siguientes ventajas al pavimento de concreto permeable (Yang & Jiang, 2003):

1. Tratamiento de agua mediante eliminación de contaminantes.
2. Menor necesidad de bordillos y alcantarillas.
3. Mejora de la seguridad vial debido a una mejor resistencia al deslizamiento.
4. Recarga de acuíferos locales.

Entre otras ventajas también se le agrega el uso de este concreto como superficies de rudo, ya que el color más claro al igual que con los pavimentos de concreto convencional absorbe menos calor de la radiación solar que los pavimentos oscuros, y la estructura de poros relativamente abiertos de concreto permeable almacena menos calor, ayudando a reducir el efecto de isla de calor en las zonas urbanas. Adicionalmente, investigaciones han demostrado que los pavimentos permeables son un método eficaz para reducir la escorrentía de aguas pluviales y los

contaminantes de las áreas urbanizadas, que, además, pueden funcionar bien con un mantenimiento mínimo.

En un estudio ejecutado en Rezé, Francia donde se realizó una comparación de la carga contaminante de las aguas de escorrentía recolectada, ya sea en la salida de un pavimento permeable con una estructura de depósito o proveniente de una cuenca cercana drenada por un sistema convencional de alcantarillado separado para determinar el impacto en la calidad agua de escorrentía y del suelo, los datos recolectados incluyeron aproximadamente 40 eventos de lluvia durante un estudio de la calidad del agua de cuatro años en el sitio experimental (Legret & Colandini, 1999). Se determinó durante este estudio que la calidad del agua se mejoró significativamente por el paso a través del pavimento poroso con una reducción significativa en las cargas de contaminación.

## **TIPOS DE CONCRETOS PERMEABLES EN PAVIMENTOS.**

Los concretos permeables en pavimentos convencionales son diseñados para el paso de vehículos, por lo general, estos consisten en capas superpuestas de material de pavimento compactado y sellado superficial. Un aspecto integral de diseño de pavimento convencional, consiste en impedir la entrada de agua en el suelo, a través del sello o las juntas de pavimentación, para proteger la integridad de la capa base y sub base (Lucke, Beecham, Boogaard, & Myers, 2013).

Existen diferentes tipos de pavimentos permeables, los cuales se pueden clasificar de acuerdo al material de su capa de rodadura. Estos se clasifican en dos grupos: Pavimentos de asfalto poroso y pavimentos de concreto poroso.

- **Pavimentos permeables en asfalto poroso.**

Es el tipo de pavimento poroso más antiguo y consta de una capa de rodadura, conformada por una mezcla bituminosa de asfalto en pequeñas cantidades y agregados de tamaño grueso uniformemente gradados, reforzado con fibras de polímeros para contrarrestar la



perdida de resistencia por el aumento del porcentaje de vacíos (entre 15% y 20%) (Reyes y Torres, 2002).

El aumento del porcentaje de vacíos permite tener una superficie más permeable por donde el agua se puede infiltrar a la zona de almacenamiento o amortiguamiento, lo que mejora la tracción, la visibilidad, y disminuye la escorrentía superficial cuando ocurren los eventos lluviosos en la zona o vía en donde se es implementado (Ferguson, 2005).

Una segunda capa de arena filtrante que separa, la capa de rodadura de la capa de almacenamiento y llena los vacíos superficiales de esta última. Para evitar la colmatación del sistema en ocasiones esta se separa de la capa de rodadura por medio de un geotextil (Cahill, 2003; Ferguson, 2005).

- **Pavimentos permeables en concreto poroso.**

La capa de rodadura de este pavimento consiste en una mezcla de agregados gruesos uniformemente gradados, y cemento y agua. La mezcla se desarrolla con una relación agua cemento para aumentar la resistencia, que al igual que en el primer caso la perdida de resistencia es ocasionada por el aumento del porcentaje de vacíos. Esta mezcla ocasiona una estructura porosa de célula abierta por donde el agua puede fluir (Ferguson, 2005).

## **PAVIMENTOS POROSOS**

Los sistemas de pavimento poroso de concreto y pavimento poroso asfáltico son propensos a la obstrucción de sus poros, alrededor de tres años después de la instalación, haciendo así que se experimente una pérdida de porosidad. Una vez totalmente obstruido, estos sistemas tienen que ser eliminados por completo y posteriormente sustituido. El reemplazo frecuente de estos sistemas hace que estos tipos de técnicas sean poco prácticas y costosas (Scholz & Grabowiecki, 2006).

Los concretos permeables en pavimentos son diseñados específicamente para promover la infiltración de las aguas lluvias a través de las diferentes capas de base, lo cual da como resultado el manejo de aguas lluvias y beneficios ambientales. El agua lluvia es filtrada, ya sea recolectándola para su posterior reutilización o liberándola lentamente en suelos subyacentes o en sistemas de drenaje de aguas pluviales (Fletcher, Deletic, Mitchell, & Hatt, 2008).

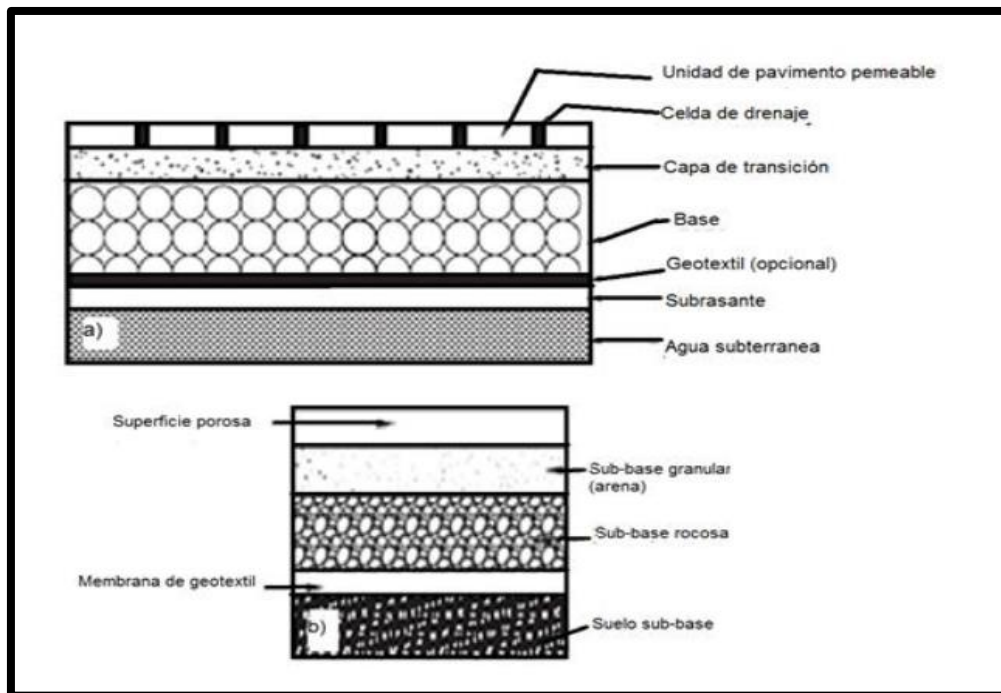
*Ilustración 3: a) asfalto normal y poroso, b) concreto poroso*



*Fuente: Lucke et al., 2013)*

La estructura más común de los pavimentos permeables y porosos consiste en tres capas (Ilustración 4): (i) una capa de rodadura que permite la entrada del agua, que puede ser en diferentes materiales como asfalto, concreto (pavimentos porosos), arcilla, grava, pasto (pavimentos permeables) (ii) una capa de material granular fino, la cual permite una instalación adecuada de la capa de rodadura y (iii) una capa compuesta por una matriz de material granular de gran tamaño, o por módulos o geo-células plásticas donde el agua se almacena (sub-base).

*Ilustración 4: a) Disposición típica de un sistema de pavimento permeable,  
b) Disposición típica de un sistema de pavimento poroso.*

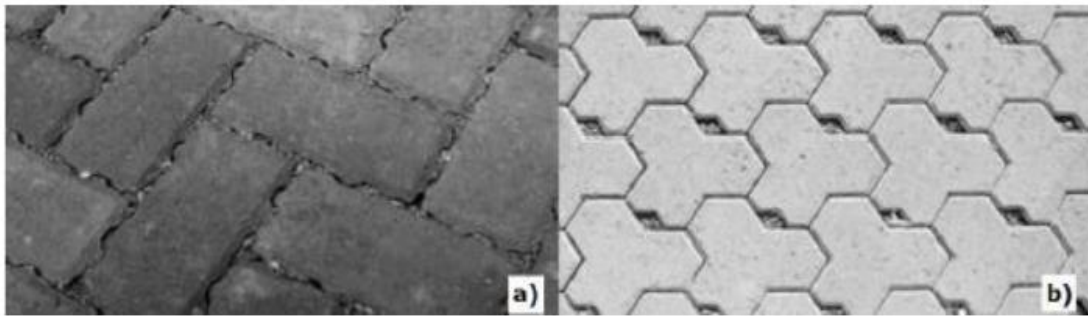


*Fuente: Scholz & Grabowiecki, 2006*

Los pavimentos permeables son diseñados específicamente para promover la infiltración de las aguas lluvias a través de las diferentes capas de base, lo cual da como resultado el manejo de aguas lluvias y beneficios ambientales. El agua lluvia es filtrada, ya sea recolectándola para su posterior reutilización o liberándola lentamente en suelos subyacentes o en sistemas de drenaje de aguas pluviales (**Fletcher, Deletic, Mitchell, & Hatt, 2008**).

Existen varias formas de pavimentos permeables: el monolítico y el modular (Fletcher et al., 2008). Las estructuras monolíticas incluyen asfalto poroso y concreto poroso (Ilustración 5a), que permite la infiltración a través de la superficie del pavimento. El asfalto poroso es similar a una mezcla típica de asfalto, pero la porción fina de asfalto es omitida. Del mismo modo, en el concreto poroso la cantidad de agregados finos debe ser omitida. Las estructuras modulares son bloques o adoquines de concretos impermeables, pero el agua puede filtrarse a través de sus uniones o aperturas (Ilustración 5b).

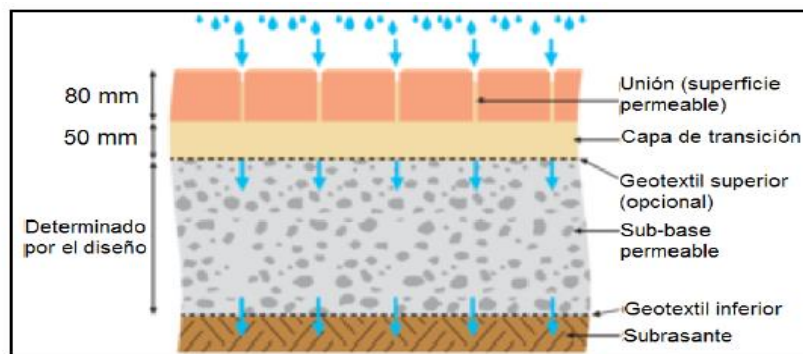
*Ilustración 5: Estructuras modulares con bloques a) juntas, b) aperturas.*



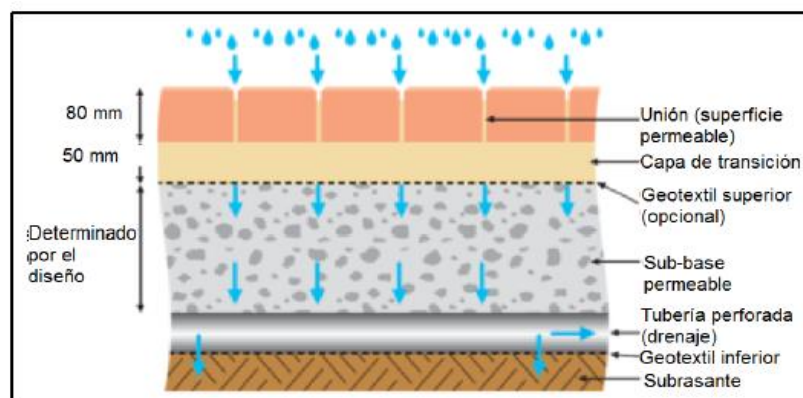
*Fuente: Lucke et al., 2013*

La sub-base puede utilizarse para infiltrar y retener el agua parcial o completamente como se muestra en las Ilustración 6, Ilustración 7 e Ilustración 8. En el caso de la infiltración, el suelo natural (sub-rasante) debe tener la capacidad para recibir estas aguas (recarga de acuíferos) y en el caso de retención se utiliza cuando el suelo tiende a ser impermeable o cuando se quiere hacer uso de esta agua (aprovechamiento de agua lluvia) (Watanabe, 1995; Interpave, 2008).

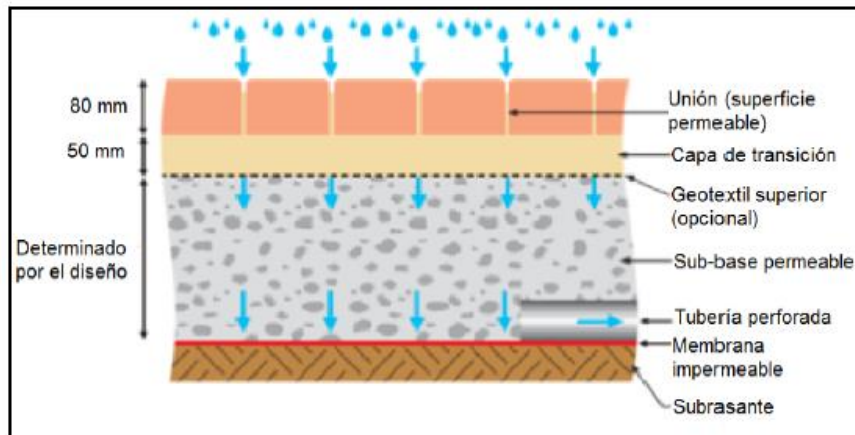
*Ilustración 6: Estructura del pavimento permeable de infiltración total.*



*Ilustración 7: Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial.*



*Ilustración 8: Estructura del pavimento permeable de infiltración nula*



*Fuente: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/hyml/index.html>*

## **FACTORES DE DETERIORO DEL CONCRETO.**

- **Presión.**

La penetración de sustancias se ve fuertemente promovida por la variación en el régimen de vientos que permite la erosión generada por las partículas arrastradas, al igual que los ciclos de humedecimiento y secado y los ciclos de calentamiento y enfriamiento en especial, en estructuras sumergidas bajo el agua donde la presión ejerce un papel importante.

- **Humedad.**

La presencia de agua es indispensable para que se genere deterioro y por lo tanto el estado de humedad en el concreto, más que en la atmósfera circundante es el factor más importante para considerar.

## **CAMPO DE APLICACIÓN.**

Actualmente, la aplicación más común del concreto permeable es en pavimentos de bajo tráfico en calles residenciales, parqueaderos, parques, áreas para peatones y bicicletas. El concreto permeable es un material desarrollado como parte de la solución a la problemática del manejo del agua en las ciudades. Actualmente el desarrollo urbano implica la construcción de grandes superficies impermeables que interrumpen el ciclo natural del agua, lo que trae consecuencias negativas.

## **VÍAS LOCALES Y PAVIMENTOS ESPECIALES**

- **Vías Urbanas – Vías Locales**

De acuerdo a la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos, las vías urbanas son espacios destinados al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentran dentro del límite urbano. Dentro de estas se encuentran las vías expresas, arteriales, colectoras y locales. Las vías locales son aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulación dentro de ellas (CE.010, 2010).

- **Pavimentos especiales**

De acuerdo a la Norma CE.010: Pavimentos Urbanos, se consideran como pavimentos especiales a aceras o veredas; pasajes peatonales y ciclovías (CE.010, 2010).

### **Requisitos según los tipos de pavimentos**

a) **Requisitos de resistencia**

Se sabe que las cargas sobre el pavimento producen esfuerzos de compresión y flexión. El diseño del pavimento debe hacerse tomando mayor cuidado en el esfuerzo de flexión utilizando el Módulo de Ruptura (MR) para el diseño del espesor de la capa de rodadura; ya que la resistencia del concreto a tracción por flexión es mucho menor que la de compresión. Se usará el ensayo normalizado ASTM C78/C78M (CE.010, 2010).

b) **Requisitos de trabajabilidad**

El concreto para los pavimentos requiere una mínima trabajabilidad para que sea colocado. El contenido de agua, la gradación de los agregados y el contenido de vacíos son todos los factores que afectan a la trabajabilidad. El slump requerido para pavimentos con encofrados deslizantes es entre 15 y 40 mm. Para el concreto

colocado con la mano, vibradora o con un rodillo debe de tener un slump superior, no menor que 100 mm (NTP 339.035, 2014).

## **PRINCIPALES VARIABLES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE, SEGÚN ACI 522-06 (2006)**

- **Porcentaje de vacíos.**

El porcentaje de vacíos que presentan las mezclas de concreto permeable varía según la energía de compactación, la granulometría del agregado utilizado, la relación agua/cemento y el contenido de material cementante utilizado (ACI 522-06, 2006).

Según el National Concrete Pavement Technology Center (2006) tanto la resistencia a la compresión uniaxial como el peso unitario de las mezclas de concreto permeable presentan una variación lineal con respecto al porcentaje de vacíos. En el caso de la permeabilidad, su variación es de forma exponencial con respecto al contenido de vacíos. La permeabilidad del concreto permeable aumenta con el porcentaje de vacíos mientras que la resistencia a la compresión uniaxial disminuye.

- **Tamaño máximo, procedencia y rugosidad o forma del agregado grueso.**

En el concreto permeable, a diferencia del concreto convencional, la cantidad de pasta es limitada y por esta razón, la resistencia depende de los contactos entre los agregados. Estos contactos se pueden obtener usando agregados lisos y redondeados de río. (Crouch et al. 2005) indican que estos agregados, por su forma y textura, disminuyen la cantidad de vacíos en comparación con las mezclas que utilizan agregados angulosos y rugosos. Las resistencias aumentan, ya que existe un menor contenido de vacíos en el material y esto genera trabazón entre las partículas.

En el caso de la permeabilidad, no existen diferencias importantes entre el uso de agregados de forma redondeada o angulosa. Crouch et al.

(2005) indican que granulometrías más uniformes y de tamaño máximo menor sí disminuyen la permeabilidad del concreto poroso, pero que su efecto no es tan pronunciado como la ganancia en resistencia que se obtiene.

- **Relación agua/cemento (w/c).**

El balance adecuado entre permeabilidad y resistencia del concreto poroso puede lograrse con relaciones agua cemento entre 0,27 y 0,30 (National Concrete Pavement Technology Center, 2006). Estas relaciones son bajas y generan mezclas con poca trabajabilidad. El principal inconveniente de aumentar las relaciones agua cemento, en un material tan poroso como el concreto permeable, es que la pasta puede escurrir por gravedad a través de los conductos internos hacia el fondo del elemento (losa, cilindro, etc.), obstruyéndolos e impidiendo así el paso del agua. Si esto ocurre, pueden obtenerse valores de resistencia a la compresión uniaxial aceptables, pero permeabilidades muy bajas (Mulligan, 2005).

- **Relación agregado grueso/cemento (AG/c).**

Relaciones bajas agregado/cemento implican que existe un mayor porcentaje de pasta, capaz de proveer mejores enlaces entre las partículas de agregado y con ello aumentar las resistencias. Sin embargo, este aumento porcentual de pasta implica que se rellenen mayor cantidad de vacíos lo cual provocará disminuciones en la permeabilidad.

Mulligan (2005) estudió relaciones AG/c entre 4/1 y 8/1, llegando a la conclusión de que la permeabilidad no se ve seriamente afectada por esta variable mientras la pasta no provoque obstrucciones. Sin embargo, descubrió que las relaciones AG/c que brindan resistencias aceptables para pavimentos se encuentran entre 4/1 y 5/1 como máximo.



- **Uso de aditivos.**

Usualmente las mezclas requieren el uso de plastificantes, reguladores de viscosidad y retardantes. El uso de otros aditivos como sílice, látex, fibras o cenizas volantes mejora las características del material, pero eleva los costos. El efecto de los aditivos en las mezclas mejora las resistencias y no afecta de forma importante la permeabilidad. Fernández et al. (2001) reconoce la realidad latinoamericana y recomienda analizar con detalle este aspecto para no elevar el costo de las mezclas.

## **1.8. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

- **CONCRETO PERMEABLE**

El concreto permeable es un tipo de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través del agua proveniente de precipitaciones y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea. La alta porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados.

- **AGUAS PLUVIALES:**

Aguas pluviales es un término utilizado para hacer referencia al agua que entra en el sistema de alcantarillado que se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación como resultado de la lluvia, nieve, granizo, etc. Las aguas pluviales que no se filtran fluyen superficialmente y se denominan escorrentías superficiales.

- **SOLERAS:**

Las Soleras son los revestimientos de suelos naturales en los interiores de edificios, constituidos por una capa resistente de hormigón en masa, quedando la superficie a la vista o puede colocarse algún revestimiento para su acabado.

- **POROSIDAD:**

La porosidad como “estar llena de poros, o pequeños agujeros, a través de los cuales pueden pasar los fluidos, la luz, y/o el aire. Normalmente el concreto es una mezcla de cuatro ingredientes básicos: arena, grava, cemento y agua. En el proceso de mezcla, una cierta cantidad de aire se mezcla en el concreto.

- **GRADACION DEL AGREGADO:**

Una propiedad clave de los agregados que se usan en las bases y superficies de las carreteras es la distribución de los tamaños de partículas al mezclarlos. La graduación de los agregados, esto es, la combinación de tamaños de partículas en la mezcla, afecta la densidad, la resistencia, y la economía de la estructura del pavimento.

- **ACUÍFERO:**

Un acuífero es un volumen de rocas o sedimentos cuyos poros, huecos fisuras o grietas pueden ocuparse por agua y esta agua puede circular libremente por acción de la gravedad en cantidad apreciable.

También puede referirse la definición de acuífero a cuerpos de rocas o sedimentos en los que todos sus huecos, poros, fisuras o grietas están ocupados por agua (zona saturada) y esta agua puede circular libremente por acción de la gravedad a manantiales, otros acuíferos, captaciones, etc.

- **PAVIMENTO:**

El pavimento forma parte del firme y es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Entre los materiales utilizados en la pavimentación urbana, industrial o vial están los suelos con mayor capacidad de soporte, los materiales rocosos, el hormigón y las mezclas asfálticas.

- **ESCORRENTÍA:**

La escorrentía es una corriente de agua de lluvia que circula sobre la superficie de la tierra cuando rebasa un depósito natural o superficial. La escorrentía también se puede conocer como escurrimiento o aliviadero.

- **ZONA URBANA:**

Se considera que una zona urbana se caracteriza por estar habitada de forma permanente por más de 2.000 habitantes. La actualización de los modelos de desarrollo urbano ha ocasionado que la densidad de población, la extensión geográfica y el planeamiento y creación de infraestructuras se combinen para ser factores claves en la delimitación de esta clase de áreas.

- **CAPA DE RODADURA:**

Como su propio nombre indica la capa de rodadura es la última capa que se aplica, por donde debe circular el tráfico, en muchos casos existe una capa intermedia y en menos casos (autopistas e infraestructuras para un tráfico intenso) el firme estará formado por una capa base, otra de intermedia y la final de rodadura.

## 1.9. HIPÓTESIS

- **HIPÓTESIS GENERAL:**

**Hi:** El pavimento de concreto permeable mejorará el drenaje pluvial en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache.

**Ho:** El pavimento de concreto permeable no mejorará el drenaje pluvial en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache.

- **HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:**

**Hi:** Una mayor intensidad de precipitaciones en el diseño de pavimento de concreto permeable disminuye la eficiencia del drenaje en el Jr. Malecón German Aliaga de Tocache en el año 2019.

**Ho:** Una mayor intensidad de precipitaciones en el diseño de pavimento de concreto permeable aumenta la eficiencia del drenaje en el Jr. Malecón German Aliaga de Tocache en el año 2019.

**Hi:** Una mayor permeabilidad del pavimento mejorará la eficiencia del drenaje en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache en el año 2019.

**Ho:** Una mayor permeabilidad del pavimento no mejorará la eficiencia del drenaje en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache en el año 2019.

## 1.10. VARIABLES:

### **Variable Independiente**

- Concreto permeable.

### **Variable Dependiente**

- Drenaje pluvial.

## CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### *Tipo de Investigación*

El estudio realizado tiene un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo dado que se recolectaron datos para establecer patrones de comportamiento y a su vez se recolectaron datos sin medición numérica para descubrir o evaluar algunas de las preguntas de investigación en el proceso de interpretación.

### 2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

#### **Población:**

Todos los jirones de la ciudad de Tocache.

#### **Muestra:**

Jirón. Malecón German Aliaga, cuadra N°01 a la cuadra N°03.

### 2.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

#### **TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

La técnica que se empleará en la recolección de datos son ensayos de laboratorio y encuestas.

#### **INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los instrumentos que se emplearán en la recolección son: los ensayos de laboratorio. Los ensayos de laboratorio incluyen los ensayos estándar y especiales que utilizará de modo preferente, en el desarrollo de la investigación, que consistirá en un conjunto de pruebas realizadas para la determinación de las características del diseño de mezcla que se empleará.

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE REALIZA LA INVESTIGACIÓN

LUGAR	COORDENADAS GMS	
	LATITUD	LONGITUD
<b>TOCACHE</b>	8°11'15.7"	76°31'13.7"

*Ilustración 9: Imagen Satelital Ubicación Jr. Malecón German Aliaga*



*Fuente: Google Earth*

### **2.4. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.**

Los procedimientos que se seguirán en la recolección de datos son:

- Elaboración de los ensayos de laboratorio.
- Validación y confiabilidad de los ensayos de recolección de datos.
- Procesamiento de los datos.
- Organización de los datos en cuadros.
- Representación de los datos mediante tablas y gráficos.
- Análisis e interpretación de los datos.
- Elaboración del informe de la tesis.

## PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

La información será procesada en forma computarizada utilizando el paquete estadístico computacional EXCEL, sobre la base de datos. El procesamiento de la información permitirá elaborar la matriz de datos con la que se diseñará las tablas y gráficos.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

**CEMENTO.** – Pacasmayo Portland Tipo I (NTP 334.009 y ASTM C-150-99, P.e. = 3.15 gr/cm<sup>3</sup>).

**AGUA.** - Agua potable, que cumplen los requisitos de la norma NTP 339.088.

*Tabla 1: Características Físicas de los Agregados*

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS		
CARACTERÍSTICAS	AGREGADO GRUESO	Und.
<i>Perfil</i>	<i>Angular</i>	
<i>Tamaño máximo nominal</i>	<i>1/2"</i>	
<i>Peso específico de masa</i>	<i>2.65</i>	<i>gr/cm<sup>3</sup></i>
<i>Peso específico saturado super. seco</i>	<i>2.67</i>	<i>gr/cm<sup>3</sup></i>
<i>Peso específico aparente</i>	<i>2.71</i>	<i>gr/cm<sup>3</sup></i>
<i>Peso unitario suelto</i>	<i>1423</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso unitario compacto</i>	<i>1572</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Contenido de humedad (%)</i>	<i>0.98</i>	
<i>Absorción (%)</i>	<i>0.82</i>	
<i>Módulo de finura</i>	<i>-</i>	
<i>Abrasión (%)</i>	<i>-</i>	
<i>% que pasa malla N° 200</i>	<i>-</i>	

*FUENTE: Elaboración Propia*

### 3.1.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

- Las características del cemento utilizado en la investigación (Pacasmayo Portland Tipo I), fueron recabadas directamente de la ficha técnica, distribuida por el fabricante. El agua empleada para la mezcla, fue potable, suministrada por la red pública de servicio de agua.
- Las características físicas y mecánicas obtenidos del agregado grueso, se encuentran detallados en la tabla N° 1. Las canteras de donde se obtuvieron las muestras para los ensayos de determinación de sus características físicas y mecánicas fueron elegidas por no presentar impurezas que comprometan su calidad. El agregado grueso fue muestreado de la cantera del Río Palo Blanco del Distrito de Tocache.
- El análisis y discusión de las características físico mecánicas de los agregados, se realizó de acuerdo con los requerimientos de la NTP 400.037 expresados en la tabla siguiente.

*Tabla 2: Requerimientos Agregado Grueso*

<b>AGREGADO GRUESO</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>Requisitos - NTP 400.037</b>	<b>Otras Especificaciones</b>
Muestreo	Medida: Tabla N°1, NTP 400.010	-
Forma y textura superficial	Las que generen > durabilidad y resistencia al concreto	
Análisis granulométrico	Husos granulométricos	-
Tamaño máximo	En el C° no se encontrarán partículas más grandes. Será el pasante por el tamiz de 2 ½" (según RNE)	
Material < pasa tamiz N° 200	Máx. 1%	-
Partículas deleznales	Máx. 5%	-
Resistencia a la abrasión	Máx. Pérdida 50%	-
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	-	(2.3 - 2.9)
Absorción (%)	-	(0.2 – 3.5)
Contenido de humedad	-	4 aprox.
Peso unitario (kg/m <sup>3</sup> ):		
Compacto	-	(1620 – 2016)
Suelto	-	(1350 – 1680)

FUENTE: Normas ASTM C33/C33M-11, NTP 400.037



En relación al agregado grueso:

- ✓ La granulometría del agregado grueso, se ajustó adecuadamente a los usos granulométricos establecidos por la norma NTP 400.037, siendo de huso 467.
- ✓ El tamaño máximo del agregado grueso, fue elegido a criterio propio, adoptando el requisito establecido en el RNE.
- ✓ El porcentaje de partículas menores que pasa el tamiz N° 200 es 0 y se encuentra dentro de los rangos establecidos en la NTP 400.037.
- ✓ El peso específico del agregado grueso es de  $2.65 \text{ kg/cm}^3$ , se encuentra dentro de los rangos establecidos en la NTP 400.037.
- ✓ La absorción del agregado grueso es de 0.82 %, lo que indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037.
- ✓ El contenido de humedad es de 0.98 % lo cual indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037.
- ✓ El peso unitario suelto es de  $1423 \text{ kg/m}^3$  lo cual indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037.

### **3.2. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS**

Se realizaron diseños de mezclas para un  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando los materiales descritos en el ítem 3.1. Se desarrollaron 4 diseños de mezclas con diferentes porcentajes de vacíos, los cuales fueron de 15%, 20%, 24% y 25%.

### 3.2.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PARA LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS, PARA 1M<sup>3</sup> DE CONCRETO IMPERMEABLE

Tabla 3: Resumen de Materiales por cada Diseño de Mezcla

% VACIOS		MATERIAL	CANT.	UND.
15%	SIN ADITIVO	CEMENTO	500.54	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	177.69	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	500.54	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	159.29	kg
		ADITIVO	3.30	kg
20%	SIN ADITIVO	CEMENTO	352.79	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.30	kg
		AGUA	125.24	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	352.79	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	112.72	kg
		ADITIVO	2.33	kg
25%	SIN ADITIVO	CEMENTO	246.03	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	87.34	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	246.03	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	78.61	kg
		ADITIVO	1.62	kg
Diseño Óptimo 24%	SIN ADITIVO	CEMENTO	426.55	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	151.43	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	426.55	kg
		AGREGADO GRUESO	1002.39	kg
		AGUA	136.28	kg
		ADITIVO	2.81	kg

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla podemos observar las proporciones de materiales para tres diseños de mezclas con diferentes porcentajes de contenido de vacíos, los cuales son al 15%, 20% y 25%, y un diseño óptimo con 24% de vacíos.

### 3.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS

*Tabla 4: Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco*

<b>PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO Y SECO</b>				
<b>PESO UNITARIO</b>	<b>% DE VACIOS</b>			
	15%	20%	25%	Opt. 24%
<b>PUC° kg/m<sup>3</sup></b>	1662.86	1467.90	1327.03	1565.22

*Fuente: Elaboración Propia*

En los pesos unitarios de los cuatro diferentes diseños de mezclas podemos apreciar que a menor porcentaje de vacíos mayor será el peso unitario del concreto, así como se muestra que para un 15% de vacíos se tiene un P.U. de 1662.86 kg/cm<sup>2</sup> a diferencia de 25% que tiene 1327.03 kg/cm<sup>3</sup>.

### 3.4. ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

El ensayo de resistencia a la compresión se llevó a los 7, 14 y 28 días de elaborada la mezcla, para cada diseño. Los datos se registraron de acuerdo a la norma NTP 339.034.

### 3.4.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN

#### 3.4.1.1. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS.

Tabla 5: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN							
% VACÍOS	PROBETA	DIAM. (cm)	ALT. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZOS (kg/cm <sup>2</sup> )	TIPO DE FALLA	
15%	1 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	233.43	233.28	Cono y Corte
	2 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	233.14		Cono y Corte
	3 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	233.26		Cono y Corte
20%	4 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	220.30	220.21	Cono y Corte
	5 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	220.13		Cono y Corte
	6 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	220.19		Cono y Corte
25%	7 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	208.25	208.38	Cono y Corte
	8 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	208.42		Cono y Corte
	9 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	208.47		Cono y Corte
Opt. 24%	7 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.23	210.15	Columnar
	8 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.06		Columnar
	9 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.17		columnar

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla, observamos que la mezcla elaborada con la proporción para una mezcla con 15% de vacíos, tuvo la mayor resistencia con 233.28 kg/cm<sup>2</sup>, seguida por la mezcla con 20% de vacíos con una resistencia de 220.21 kg/cm<sup>2</sup>. La proporción con mezcla óptima de 24% de vacíos tuvo una resistencia de 210.15 kg/cm<sup>2</sup> y por último la mezcla con 25% de vacíos con una resistencia de 208.38 kg/cm<sup>2</sup>.

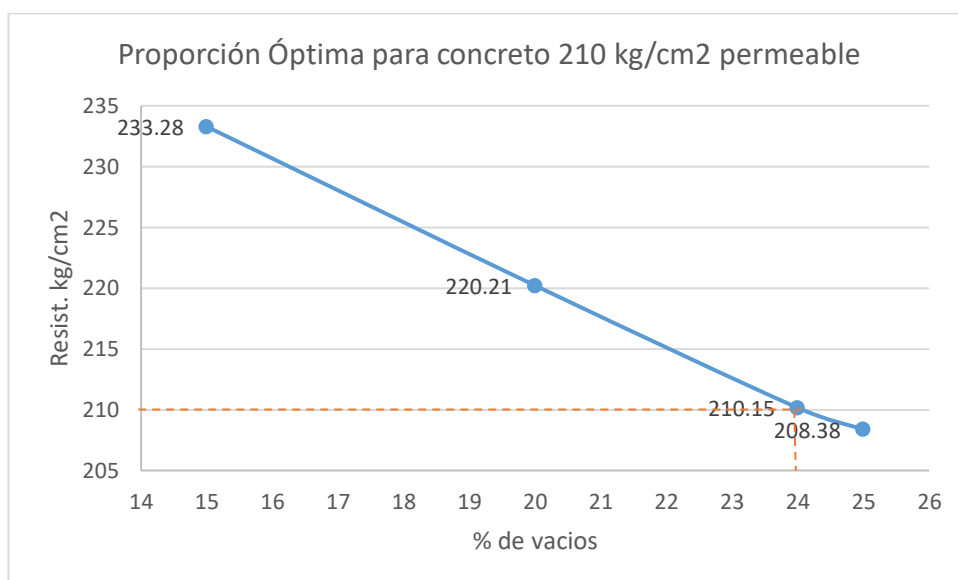
**Tabla 6: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos**

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS</b>				
<b>% VACÍOS</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25 %</b>	<b>OPT. 24%</b>
<b>ESFZ. PROM. (kg/cm2)</b>	233.28	220.21	208.38	210.15

*Fuente: Elaboración Propia*

Como se aprecia en el cuadro resumen de resistencia a compresión promedio de especímenes de concreto elaborado con diferentes proporciones de vacíos, la proporción 15% fue la que presento la mayor resistencia con 233.28%, como también podemos observar que el diseño óptimo con 24% de vacíos, tiene una resistencia a la compresión de 210.15 kg/cm<sup>2</sup> muy cercana a la resistencia de diseño que es de 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Ilustración 10: Proporción Óptima para Concreto 210 kg/cm<sup>2</sup> permeable**



*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.4.1.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA LOS DISEÑOS DE MEZCLA PARA 15%, 20%, 24% ÓPTIMO Y 25% DE VACÍOS.

Tabla 7: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON CEMENTO PACASMAYO, PROPORCIÓN ÓPTIMA OBTENIA							
% Vacíos	PROBETA	ALT. (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESF.	TIPO DE FALLA
15 %	1 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.812	41.250	233.43	Cono y Corte
	2 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.800	41.200	233.14	Cono y Corte
	3 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.811	41.220	233.26	Cono y Corte
20 %	4 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.792	38.930	220.30	Cono y Corte
	5 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.789	38.900	220.13	Cono y Corte
	6 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.790	38.910	220.19	Cono y Corte
25 %	7 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.750	36.800	208.25	Cono y Corte
	8 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.759	36.830	208.42	Cono y Corte
	9 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.756	36.840	208.47	Cono y Corte
Ópt. 24 %	7 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.700	37.150	210.23	Cono y Corte
	8 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.698	37.120	210.06	Cono y Corte
	9 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.702	37.140	210.17	Cono y Corte

Fuente: Elaboración Propia

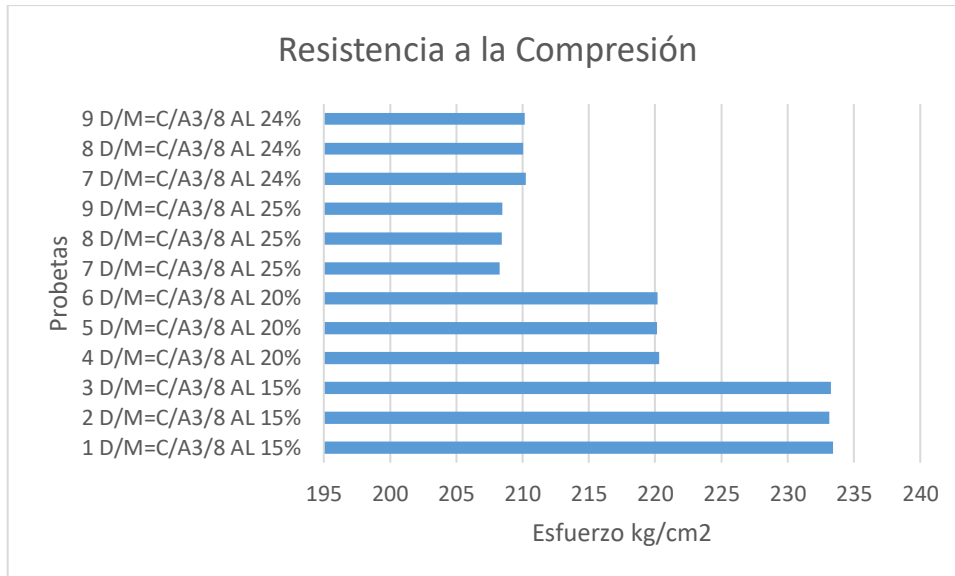
Tabla 8: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes

<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES</b>					
<b>RANGOS</b>	<b>ALTURA (cm)</b>	<b>ÁREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>CARGA MAX. (Tn)</b>	<b>ESFUERZO (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<b>15 % VACIOS</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.800	41.200	233.14
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.812	41.250	233.43
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.806	41.225	233.29
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.012	0.050	0.29
<b>20 % VACIOS</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.789	38.900	220.13
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.792	38.930	220.30
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.791	38.915	220.22
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.003	0.030	0.17
<b>25 % VACIOS</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.750	36.800	208.25
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.759	36.840	208.47
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.755	36.82	208.36
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.009	0.040	0.22
<b>24 % VACÍOS (Óptimo)</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.698	37.120	210.06
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.702	37.150	210.23
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.700	37.135	210.15
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.004	0.030	0.17

Fuente: Elaboración Propia

De este cuadro se observa las diferencias entre el valor mínimo, el valor máximo, el valor promedio y el rango de variación existente entre el valor mínimo y máximo de los datos de altura, área, peso, carga máxima y esfuerzo de las mezclas con diferentes porcentajes de vacíos.

**Ilustración 11: Grafico Barras Resistencia a la Compresión**



*Fuente: Elaboración Propia*

**Tabla 9: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos**

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS (PROMEDIO DEL MAXIMO Y MINIMO)				
PROBETA	15 % VACIOS	20 % VACIOS	25 % VACIOS	24 % VACIOS
ESFUERZO PROM. (kg/cm <sup>2</sup> )	233.29	220.22	208.36	210.15

*Fuente: Elaboración Propia*

Estos resultados son el promedio del valor máximo y mínimo de resistencias a la compresión de los concretos diseñados para una resistencia a la compresión específica de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

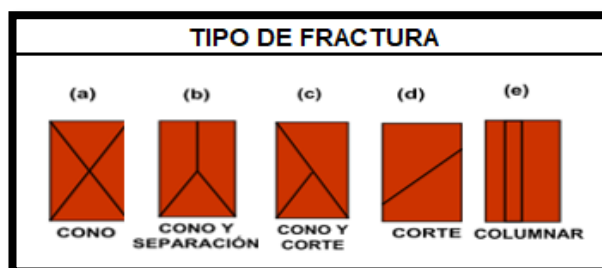
Evidenciándose que la mezcla con 15% de vacíos tuvo la mayor resistencia, y la mezcla de 25% de vacíos tuvo la menor resistencia, teniendo entre ambas una diferencia de 24.93 kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que la mezcla con diseño Optimo de 24% de vacíos obtuvo una resistencia de 210.15 kg/cm<sup>2</sup>, valor muy cercano a la resistencia de diseño.



### 3.5. TIPO DE FRACTURA

Se observó que los tipos de fractura fue típica en los especímenes de 28 días, en la mezcla con 15%, 20%, 25% y óptimo 24%. Presentando el tipo de fractura C el cual tiene fisuras en forma de cono bien formados en un extremo, fisuras verticales inclinadas a través de los cabezales.

Ilustración 12: Tipos de Fracturas



FUENTE: Elaboración Propia

### 3.6. ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA

Tabla 10: Análisis de Costos de Materiales por m<sup>3</sup> para cada Mezcla

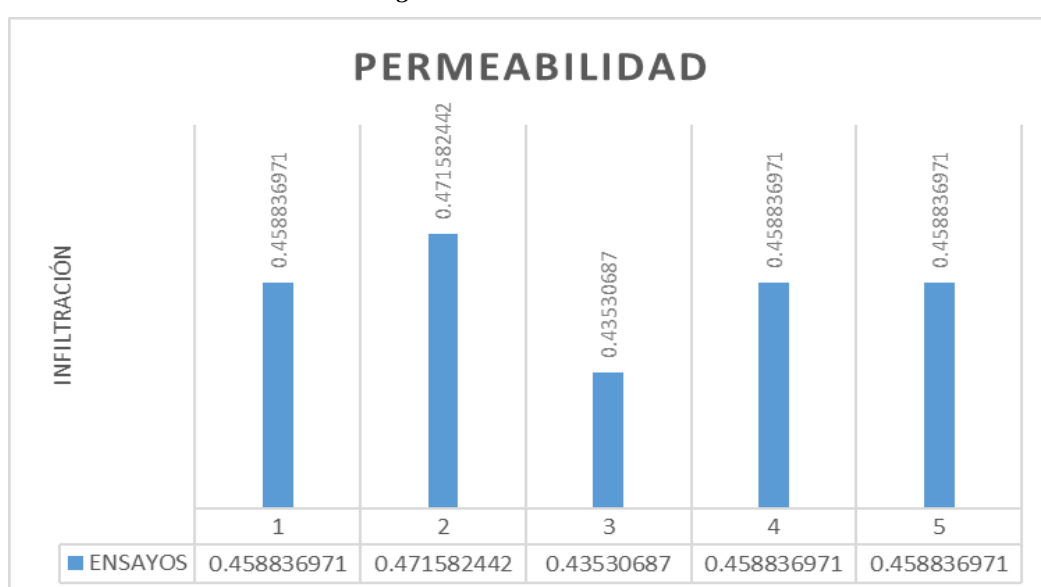
ANÁLISIS DE COSTOS DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA						
DESCRIPCIÓN		UND	CANTID	P.U.	PARC.	TOTAL
15% VACIOS	CEMENTO	Kg	500.54	0.56	280.30	S/ 370.94
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.160	2.50	0.40	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.003	20000.00	60.00	
20% VACIOS	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 350.82
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.113	2.50	0.28	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.002	20000.00	40.00	
25% VACIOS	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 330.74
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.079	2.50	0.20	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.001	20000.00	20.00	
24% Óptimo	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 370.88
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.136	2.50	0.34	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.378	80.0	30.24	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.003	20000.00	60.00	

FUENTE: Elaboración Propia

Se puede apreciar en la tabla adjunta, que la mezcla con 15% de vacíos y la mezcla con 24% son las que tienen el mayor costo por metro cúbico, con S/ 370.94 y S/ 370.88 respectivamente, en comparación con las mezclas de 20% y 25% que tienen un valor de S/. 350.82 y S/. 330.74.

### 3.7. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD

*Ilustración 13: Diagrama de Barras Permeabilidad*



*Fuente: Elaboración Propia*

En el gráfico se aprecia los resultados del ensayo de permeabilidad, para el diseño de mezcla óptima de 24% de vacíos, obteniéndose resultados prácticamente uniformes, además se determinó el coeficiente de permeabilidad promedio en 0.457 cm/s, el cual está dentro del rango de concreto permeable que esta entre 0.2 a 0.54 cm/s.

### 3.8. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

El pavimento de concreto permeable con 24% de vacíos, mejorará el drenaje pluvial en el Jr. Malecón German Aliaga de la ciudad de Tocache, debido a que su coeficiente de infiltración es alto.

## **CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. CONCLUSIONES**

- Se realizaron diseños de mezcla de concreto permeable para 15%, 20%, 24% y 25% de vacíos, para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo los valores de 233.29 kg/cm<sup>2</sup>, 220.22 kg/cm<sup>2</sup>, 210.15 kg/cm<sup>2</sup> y 208.36 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los cuales solo los diseños de 20%, 24% y 25% de vacíos cumplieron con la resistencia requerida de diseño. Analizando estos 3 diseños de mezcla concluimos que el diseño para 24% de vacíos es el óptimo, debido a que es el que más se acerca a la resistencia requerida de diseño teniendo solo una diferencia de 0.15 kg/cm<sup>2</sup>.
- Los valores mínimos de la resistencia a la rotura para pavimentos en vías locales, descritos en la norma CE. 010 pavimentos urbanos es de MR=34kg/cm<sup>2</sup>. Teniendo como base este valor y comprándolo con los valores obtenidos de los 20%, 24% y 25% de vacíos a los 7, 14 y 28 días de los ensayos, estos cumplen, ya que se obtuvieron resistencias mucho más altas a lo requerido por la norma C.E. 010.
- Del coeficiente de infiltración de diseño de mezcla óptima para 24% de vacíos, se concluye que, este diseño cuenta con alto nivel de permeabilidad debido a que se obtuvo un valor de 0.457 cm/s, valor que se encuentra muy cercano al límite superior del rango para concretos permeables el cual es 0.54 cm/s.

## 4.2. RECOMENDACIONES



- Se recomienda investigaciones con otros tipos de cementos y proporciones de vacíos, teniendo en cuenta la zona donde se pretende realizar el proyecto. Debido a que las ciudades presentan diferentes niveles de precipitaciones y el diseño del concreto permeable dependerá de esto.
- Se recomienda también a las autoridades políticas, a tomar conciencia de las decisiones que van a tomar en lo que respecta a la elección del tipo de pavimento ya que esto constituye un hecho fundamental para realizar una buena inversión.
- El presente estudio comprende solo la determinación de la resistencia a la rotura y permeabilidad, por lo que se recomienda realizar otros ensayos para la determinación de sus demás propiedades y sus posibles aplicaciones en otras estructuras.
- Siendo un concreto amigable con el ambiente se recomienda analizar su recurrente uso en obras de mayor inversión, sobre todo zonas lluviosas y con topografía plana.

## **CAPÍTULO V: BIBLIOGRAFÍA**

- ESTUDIO EXPERIMENTAL DE CONCRETOS PERMEABLES CON AGREGADOS. (M.I. CARLOS JAVIER MENDOZA ESCOBEDO).
- GABRIEL GÓMEZ CORTÉS. PERMEABILIDAD DEL CONCRETO Y SU VALORACIÓN. INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO, SECCIONAL COLOMBIA, 2004.
- GALLIGO ESTEVEZ, J.M.; RODRÍGUEZ GARCÍA, F. PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN: INFLUENCIA DE LA DOSIFICACIÓN Y MÉTODOS DE ENSAYO.
- ESTUDIO DE DOSIFICACIONES EN LABORATORIO PARA PAVIMENTOS POROSOS DE HORMIGÓN. JAVIER CASTRO, HERNÁN DE SOLMINIHAC, CARLOS VIDELA, BONIFACIO FERNÁNDEZ. PURDUE UNIVERSITY, ESTADOS UNIDOS, PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE, CHILE - 2009
- SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE “SUDS” COMO ALTERNATIVA DE CONTROL Y REGULACIÓN DE LAS AGUAS LLUVIAS EN LA CIUDAD DE PALMIRA, GEINNER MARTÍNEZ CANDELO, UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA – 2013.
- PAVIMENTOS POROSOS UTILIZADOS COMO SISTEMAS ALTERNATIVOS AL DRENAJE URBANO, ALEJANDRA TRUJILLO LÓPEZ Y DIANA PAOLA QUIROZ LASPRILLA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA – 2013.
- LOS SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE: UNA ALTERNATIVA A LA GESTION DEL AGUA DE LLUVIA, SARA PERALES-MOMPARLER, IGNASIO ANDRES-DOMENECH, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA – 2008.
- DISEÑO HIDRÁULICO DE LOSAS EN PAVIMENTO POROSO RÍGIDO COMO ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS AL DRENAJE PLUVIAL DE BOGOTÁ, ÁNGELA MARÍA POLANCO ANDRADE, ÁNGELA MARÍA SÁNCHEZ VEGA, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA – 2012.
- CONTROL DE ESCORRENTÍAS URBANAS MEDIANTE PAVIMENTOS PERMEABLES: APLICACIÓN EN CLIMAS MEDITERRÁNEOS, GARCÍA HABA EDUARDO, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA – 2011.

## CAPÍTULO VI: ANEXOS

### ANEXO 1: Características Físicas Mecánicas Agregado Grueso

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO Jr. Amorarca cuadra 3 - Telefax 521402 Morales - Perú	
<b>TESIS:</b>	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE	
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE TOCAHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN	
<b>REALIZADO :</b>	TESISTAS GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA	
<b>CANTERAS :</b>	RIO PALO BLANCO DISTRITO DE TOCACHE	

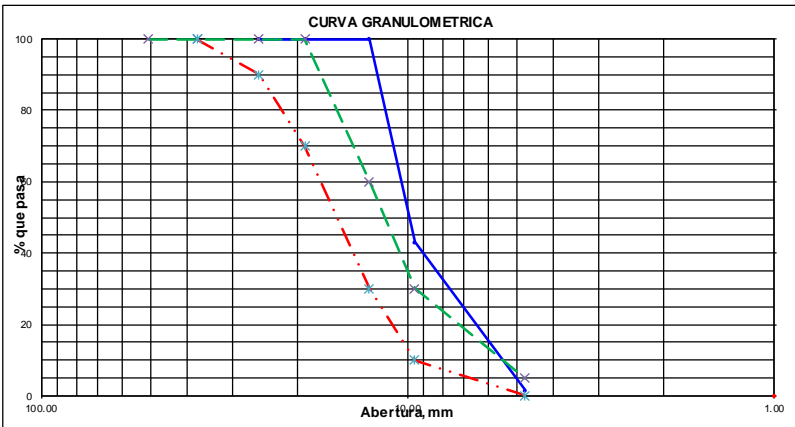
  

Peso Inicial Seco. [gr]	5000.00
-------------------------	---------

MALLAS	ABERTURA [mm]	PESO RETENIDO [grs]	PORCENT.RET. [%]	PORCENT.ACUM. ACUMULADO [%]	PORCENT.ACUM. PASANTE [%]	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ASTM C-33 HUSO 467		CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
2"	50.800							DIÁMETRO NOMINAL MÁXIMO.	1/2"
1 1/2"	37.500							MÓDULO DE FINURA.	-
1"	25.400						100	PESO ESPECÍFICO SECO (GR/CC)	2.65
3/4"	19.050					70	100	ABSORCIÓN (%)	0.82
1/2"	12.700				100.00	30	60	HUMEDAD (%)	0.98
3/8"	9.525	2850.00	57.00	57.00	43.00	10	30	PESO UNITARIO SUELTO (KG/M <sup>3</sup> )	1423.0
Nº 4	4.760	2072.00	41.40	98.40	1.60	0	5	PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M <sup>3</sup> )	1572.0
< Nº 4	0.000	72.65	1.50	99.90	0.10				



**CURVA GRANULOMETRICA**

#### 2.0 PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO (NORMA ASTM C 128)

PROCEDIMIENTO		
1. PESO DE MUESTRA SECADA AL HORNO	[GR]	3169.0
2. PESO DE MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	[GR]	3195.0
3. PESO DE MUESTRA SATURADA DENTRO DEL AGUA	[GR]	2000.0



4. PESO ESPECÍFICO DE MASA	[GR/CC]	2.65
5. PESO ESPECÍFICO DE MASA SUPERFICIALMENTE SECO	[GR/CC]	2.67
6. PESO ESPECÍFICO APARENTE	[GR/CC]	2.71
7. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	[%]	0.82

#### 3.0 PESO UNITARIO (NORMA ASTM C 29)

PROCEDIMIENTO		P. U. S.		P. U. C.	
1. PESO MOLDE + MATERIAL	[Kg]	18.250	18.240	19.620	19.621
2. PESO MOLDE	[Kg]	5.156	5.156	5.156	5.156
3. PESO DEL MATERIAL	[Kg]	13.094	13.084	14.464	14.465
4. VOLUMEN DEL MOLDE	[M <sup>3</sup> ]	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
5. PESO UNITARIO	[Kg/M <sup>3</sup> ]	1423.00	1422.00	1572.00	1572.00
6. PESO UNITARIO PROMEDIO	[Kg/M <sup>3</sup> ]	1423.00		1572.00	

**ANEXO 2: Diseño de Mezclas Concreto Permeable 15% Vacíos**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b>                  FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA                  LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO                  Jr. Amorarca cuadra 3 - Telefax 521402                  Morales - Perú</p>		
<b>TECNOLOGIA DEL CONCRETO</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE</b>			
<b>TESIS :</b>	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHÉ		
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE TOCACHÉ, PROVINCIA DE TOCACHÉ, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN		
<b>REALIZADO :</b>	TESISTAS GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA		
<b>CANTERAS :</b>	RIO PALO BLANCO DISTRITO DE TOCACHÉ		
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b>			
		<b>GRAVA N° 8</b>	
PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	2.65	
ABSORCION	[%]	0.82	
PESO UNIT. SUELTO	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1423.00	
PESO UNIT. COMPACT.	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1572.00	
TAM. MAX.	[pulg]		
TAM. MAX. NOMINAL	[pulg]		
MOD. FINEZA		2.55	
CONT. HUMEDAD	[%]	0.85	
<b>CEMENTO PACASMAYO TIPO I</b>			
	PESO ESPECIFICO [gr/cc]	3.15	
<b>DISEÑO</b>			
Para el diseño de mezcla o proporcionamiento de los materiales para la elaboración de las probetas de concreto permeable utilizaremos en base a la relación de vacíos			
<b>Datos requeridos</b>			
Relación agua cemento	a/c	=	0.355
Porcentaje de vacíos	%	=	15
Peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm <sup>3</sup>	=	2.65
Absorción	%	=	0.820
<b>Desarrollo</b>			
De la Gráfica 1 a partir del porcentaje de vacíos obtengo el volumen de pasta necesario, así			
Volumen de pasta m <sup>3</sup> (Vp)			0.220
Volumen de vacíos m <sup>3</sup> (Vv)			0.150
Volumen del agregado m <sup>3</sup>	Vag = 1-(Vp+Vv)		0.630
Peso del agregado Kg			1669.5
Cemento			
Despejando c de la ecuación obtenemos el peso de cemento, así			
			$Vp = \frac{c}{3.15 \cdot 1000} + \left(\frac{a}{c}\right)c$
c =			<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 10px;">500.542</div> Kg

Volumen de cemento m <sup>3</sup>	0.159
Cantidad de Agua Kg	177.69
Volumen de agua m <sup>3</sup>	0.178

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	500.54	0.159
Agua	177.69	0.178
Agregado	1669.5	0.630
Total	2347.73	0.97

% vacíos usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{3.34}$$

Con pruebas iniciales de laboratorio usando estas cantidades de materiales y sin aditivo obtengo una mezcla sin cohesión por lo que aumentaremos la cantidad de cemento manteniendo la relación agua- cemento y agregaremos el aditivo propuesto Entonces:

cantidad de cemento nuevo (Kg)                      c =                       $\boxed{500.542}$

Como la relación a/c = modifico la nueva cantidad de agua es (Kg)                      177.69241

En base al porcentaje de vacios, se iguala la siguiente relación y se obtiene la cantidad de agregado, así:

$$(1 - \%V) = \frac{c}{P.e \times 1000} + \frac{a'}{1000} + \frac{g'}{P.e.s.s \times 1000}$$

Cantidad de agregado (g) en Kg =                       $\boxed{1002.39}$

Volumen de cemento Vc=c/(3.15\*1000) m<sup>3</sup>=                      0.159

Volumen de agua Va (m<sup>3</sup>) =                      0.178

Volumen de agregado Vg'=g'/(p.e.\*1000) m<sup>3</sup>=                      0.378

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	500.54	0.159
Agua	177.69	0.178
Agregado	1002.39	0.378
Total	1680.62	0.715

Confirmamos el nuevo % de vacíos usando el volumen total de los materiales calculados, así:

$$\% V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{29}$$

Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según especificación de la hoja técnica del aditivo.

De la hoja técnica del aditivo usamos el promedio del rango que se especifica

Vol. de adi. H.T. =                       $\boxed{252.5}$  ml/bls cem

Al usar el aditivo por especificación en su hoja técnica reducimos el agua en 10% entonces la nueva de cantidad de agua es:

a" = a' - 10%a =                       $\boxed{159.92}$



El nuevo volumen de agua es:

$$Va = a/1000 \text{ (m}^3\text{)} \quad \boxed{0.160}$$

El volumen del aditivo por m3 de concreto es:

$$Vadi = Vadi. esp. tec. \cdot XN^\circ \text{ de bolsas decemento} \cdot x10^{-6}$$

Entonces calcularemos el numero de bolsas de cemento por m3 de concreto es:

$$N^\circ \text{ bolsas de cemento (c/42.5)} \quad 11.78$$

Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:

$$Vadi \text{ del aditivo} = \boxed{0.003} \text{ m}^3$$

Peso del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto:

$$Wadi = P.e. adi. \cdot Vadi$$

El p.e. del aditivo según la hoja técnica es: 4.2 kg/gal. Entonces:

$$P.e. adi = 4.2 \text{ Kg/gal} \cdot 246.17205 \text{ gal/1m}^3$$

$$P.e. adi = 1109.523 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces:  $Wadi = \boxed{3.300} \text{ Kg}$

Materiales finales para 1m3 de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m3
Cemento	500.54	0.159
Agua	159.92	0.160
Agregado	1002.39	0.378
Aditivo	3.300	0.003
Total	1662.86	0.697

Confirmamos el % de vacios usando el volumen total de materiales calculados así:



$$\%V = (1-Vt) \cdot 1000 = \boxed{30.29} \%$$

Las proporciones de la mezcla calculadas deben ser verificadas en el laboratorio por un conjunto de pruebas y hacer los ajustes necesarios hasta encontrar la resistencia requerida del concreto.

Proporciones para la elaboración de 9 especímenes de 6" x 12"

Material	Cantidad	
Cemento	27.90	Kg
Agua	9.92	Kg
Agregado Grueso	62.16	Kg
Aditivo	11.700	ml

**ANEXO 3: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 20% Vacíos**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b>                  FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA                  LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO                  Jr. Amorrarca cuadra 3 - Telefax 521402                  Morales - Perú</p>		
<b>TECNOLOGÍA DEL CONCRETO</b>			
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE</b>			
<b>TESIS :</b>	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE		
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN		
<b>REALIZADO :</b>	TESISTAS GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA		
<b>CANTERAS :</b>	RIO PALO BLANCO DISTRITO DE TOCACHE		
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R</b>			
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b>			
		<b>GRAVA N° 8</b>	
PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	2.65	
ABSORCION	[%]	0.82	
PESO UNIT. SUELTO	[Kg/m³]	1423.00	
PESO UNIT. COMPACT.	[Kg/m³]	1572.00	
TAM. MAX.	[pulg]		
TAM. MAX. NOMINAL	[pulg]		
MOD. FINEZA		2.55	
CONT. HUMEDAD	[%]	0.85	
<b>CEMENTO PACASMAYO TIPO I</b>			
	PESO ESPECIFICO [gr/cc]	3.15	
<b>DISEÑO.</b>			
Para el diseño de mezcla o proporcionamiento de los materiales para la elaboración de las probetas de concreto permeable utilizaremos en base a la relación de vacíos			
<b>Datos requeridos</b>			
Relación agua cemento	a/c	=	0.355
Porcentaje de vacíos	%	=	20
Peso específico del cemento	gr/cm³	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	=	2.65
Absorción	%	=	0.820
<b>Desarrollo</b>			
De la Gráfica 1 a partir del porcentaje de vacíos obtengo el volumen de pasta necesario, así			
Volumen de pasta m³ (Vp)			0.165
Volumen de vacíos m³ (Vv)			0.200
Volumen del agregado m³	Vag = 1-(Vp+Vv)		0.635
Peso del agregado Kg			1682.75
Cemento			
Despejando c de la ecuación obtenemos el peso de cemento, así			
			$V_p = \frac{c}{3.15 \cdot 1000} + \frac{\left(\frac{a}{c}\right)c}{1000}$
c =		352.791	Kg

Volumen de cemento m <sup>3</sup>	0.112
Cantidad de Agua Kg	125.24
Volumen de agua m <sup>3</sup>	0.125

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	352.79	0.112
Agua	125.24	0.125
Agregado	1682.75	0.635
Total	2160.78	0.87

% vacíos usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{12.78}$$

Con pruebas iniciales de laboratorio usando estas cantidades de materiales y sin aditivo obtengo una mezcla sin cohesión por lo que aumentaremos la cantidad de cemento manteniendo la relación agua- cemento y agregaremos el aditivo propuesto Entonces:

cantidad de cemento nuevo (Kg)      c =     

Como la relación a/c = modifico la nueva cantidad de agua es (Kg)      125.240805

En base al porcentaje de vacios, se iguala la siguiente relación y se obtiene la cantidad de agregado, así:

$$(1 - \%V) = \frac{c}{P.e \times 1000} + \frac{a'}{1000} + \frac{g'}{P.e.s.s \times 1000}$$

Cantidad de agregado (g) en Kg =     

Volumen de cemento Vc=c/(3.15\*1000) m<sup>3</sup>=      0.112

Volumen de agua Va (m<sup>3</sup>) =      0.125

Volumen de agregado Vg = g'/(p.e.\*1000) m<sup>3</sup>=      0.378

Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	352.79	0.112
Agua	125.24	0.125
Agregado	1002.39	0.378
Total	1480.42	0.615

Confirmamos el nuevo % de vacíos usando el volumen total de los materiales calculados, así:

$$\% V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{38}$$

Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según especificación de la hoja técnica del aditivo.

De la hoja técnica del aditivo usamos el promedio del rango que se especifica

Vol. de adi. H.T. =  ml/bls cem

Al usar el aditivo por especificación en su hoja técnica reducimos el agua en 10% entonces la nueva de cantidad de agua es:

a" = a' - 10%a =

El nuevo volumen de agua es:

$$V_a = a''/1000 \text{ (m}^3\text{)} \quad \boxed{0.113}$$

El volumen del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto es:

$$V_{adi} = V_{adi. esp. tec.} \times N^\circ \text{ de bolsas decemento} \times 10^{-6}$$

Entonces calcularemos el numero de bolsas de cemento por m<sup>3</sup> de concreto es:

$$N^\circ \text{ bolsas de cemento (c/42.5)} \quad 8.30$$

Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:

$$V_{adi} \text{ del aditivo} = \boxed{0.002} \text{ m}^3$$

Peso del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto:

$$W_{adi} = P.e. adi. \times V_{adi}$$

El p.e. del aditivo según la hoja técnica es: 4.2 kg/gal. Entonces:

$$P.e. adi = 4.2 \text{ Kg/gal} \times 246.17205 \text{ gal/1m}^3$$

$$P.e. adi = 1109.523 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces:  $W_{adi} = \boxed{2.326} \text{ Kg}$

Materiales finales para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	352.79	0.112
Agua	112.72	0.113
Agregado	1002.39	0.378
Aditivo	2.326	0.002
Total	1467.90	0.603

Confirmamos el % de vacios usando el volumen total de materiales calculados así:



$$\%V = (1 - V_t) \times 1000 = \boxed{39.70} \%$$

Las proporciones de la mezcla calculadas deben ser verificadas en el laboratorio por un conjunto de pruebas y hacer los ajustes necesarios hasta encontrar la resistencia requerida del concreto.

Proporciones para la elaboración de 9 especímenes de 6" x 12"

Material	Cantidad	
Cemento	27.90	Kg
Agua	6.99	Kg
Agregado Grueso	62.16	Kg
Aditivo	11.700	ml

**ANEXO 4: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 24% Vacíos**

	<p><b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b>                  FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA                  LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO                  Jr. Amorrarca cuadra 3 - Telefax 521402                  Morales - Perú</p>	
<b>TECNOLOGIA DEL CONCRETO</b>		
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE</b>		
<b>TESIS :</b>	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL CONTROL DEL DRENAJE FLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE	
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN	
<b>REALIZADO :</b>	TESISTAS GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA	
<b>CANTERAS :</b>	RIO PALO BLANCO DISTRITO DE TOCACHE	
<b>DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b>		
		<b>GRAVA N° 8</b>
PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	2.65
ABSORCION	[%]	0.82
PESO UNIT. SUELTO	[Kg/m³]	1423.00
PESO UNIT. COMPACT.	[Kg/m³]	1572.00
TAM. MAX.	[pulg]	
TAM. MAX. NOMINAL	[pulg]	
MOD. FINEZA		2.55
CONT. HUMEDAD	[%]	0.85
<b>CEMENTO PACASMAYO TIPO I</b>		
	PESO ESPECIFICO	[gr/cc] 3.15
<b>DISEÑO.</b>		
Para el diseño de mezcla o proporcionamiento de los materiales para la elaboración de las probetas de concreto permeable utilizaremos en base a la relación de vacíos		
<b>Datos requeridos</b>		
Relación agua cemento	a/c	= 0.355
Porcentaje de vacíos	%	= 24
Peso específico del cemento	gr/cm³	= 3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	= 2.65
Absorción	%	= 0.820
<b>Desarrollo</b>		
De la Gráfica 1 a partir del porcentaje de vacíos obtengo el volumen de pasta necesario, así		
Volumen de pasta m³ (Vp)		0.140
Volumen de vacíos m³ (Vv)		0.240
Volumen del agregado m³	Vag = 1-(Vp+Vv)	0.620
Peso del agregado Kg		1643
Cemento		
Despejando c de la ecuación obtenemos el peso de cemento, así		
		$V_p = \frac{c}{3.15 \cdot 1000} + \frac{\left(\frac{a}{c}\right) c}{1000}$
	c =	<b>285.576</b> Kg

Volumen de cemento m <sup>3</sup>	0.091
Cantidad de Agua Kg	101.38
Volumen de agua m <sup>3</sup>	0.101

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	285.58	0.091
Agua	101.38	0.101
Agregado	1643	0.620
Total	2029.95	0.81

% vacíos usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1-V_t) \times 100 = 18.80$$

Con pruebas iniciales de laboratorio usando estas cantidades de materiales y sin aditivo obtengo una mezcla sin cohesión por lo que aumentaremos la cantidad de cemento manteniendo la relación agua- cemento y agregaremos el aditivo propuesto Entonces:

cantidad de cemento nuevo (Kg)      c =      426.55

Como la relación a/c = modifico la nueva cantidad de agua es (Kg)      151.42525

En base al porcentaje de vacíos, se iguala la siguiente relación y se obtiene la cantidad de agregado, así:

$$(1 - \%V) = \frac{c}{P.e \times 1000} + \frac{a'}{1000} + \frac{g'}{P.e.s.s \times 1000}$$

Cantidad de agregado (g) en Kg =      1002.39

Volumen de cemento  $V_c = c / (3.15 \times 1000) \text{ m}^3 = 0.135$

Volumen de agua  $V_a \text{ (m}^3) = 0.151$

Volumen de agregado  $V_{g'} = g' / (p.e. \times 1000) \text{ m}^3 = 0.378$

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	426.55	0.135
Agua	151.43	0.151
Agregado	1002.39	0.378
Total	1580.37	0.665

Confirmamos el nuevo % de vacíos usando el volumen total de los materiales calculados, así:

$$\% V = (1-V_t) \times 100 = 33$$

Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según especificación de la hoja técnica del aditivo.

De la hoja técnica del aditivo usamos el promedio del rango que se especifica

Vol. de adi. H.T. =      252.5      ml/bls cem

Al usar el aditivo por especificación en su hoja técnica reducimos el agua en 10% entonces la nueva de cantidad de agua es:

$a'' = a' - 10\%a = 136.28$

El nuevo volumen de agua es:

$$Va = a"/1000 (m^3) \quad \boxed{0.136}$$

El volumen del aditivo por m3 de concreto es:

$$Vadi = Vadi.esp.tec. \times N^{\circ} \text{ de bolsas decemento} \times 10^{-6}$$

Entonces calcularemos el numero de bolsas de cemento por m3 de concreto es:

$$N^{\circ} \text{ bolsas de cemento} (c/42.5) \quad 10.04$$

Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:

$$Vadi \text{ del aditivo} = \boxed{0.003} m^3$$

Peso del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto:

$$Wadi. = P.e.adi. \times Vadi$$

El p.e. del aditivo según la hoja técnica es: 4.2 kg/gal. Entonces:

$$P.e.adi = 4.2 \text{ Kg/gal} \times 246.17205 \text{ gal}/1m^3$$

$$P.e.adi = 1109.523 \text{ Kg}/m^3$$

Entonces:  $Wadi = \boxed{2.812} \text{ Kg}$

Materiales finales para 1m3 de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m3
Cemento	426.55	0.135
Agua	136.28	0.136
Agregado	1002.39	0.378
Aditivo	2.812	0.003
Total	1565.22	0.650

Confirmamos el % de vacios usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1-Vt) \times 1000 = \boxed{35.00} \%$$

Las proporciones de la mezcla calculadas deben ser verificadas en el laboratorio por un conjunto de pruebas y hacer los ajustes necesarios hasta encontrar la resistencia requerida del concreto.

Proporciones para la elaboración de 9 especímenes de 6" x 12"

Material	Cantidad	
Cemento	27.90	Kg
Agua	8.45	Kg
Agregado Grueso	62.16	Kg
Aditivo	11.700	ml

**ANEXO 5: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 25% Vacíos**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTO

Jr. Amorarca cuadra 3 - Telefax 521402

Morales - Perú



**TECNOLOGIA DEL CONCRETO  
DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE**

<b>TESIS :</b>	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE
<b>UBICACIÓN :</b>	DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN
<b>REALIZADO :</b>	TESISTAS GENITH SOPÁN HERNÁNDEZ Y LISBETH SOTO JARA
<b>CANTERAS :</b>	RIO PALO BLANCO DISTRITO DE TOCACHE

**DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS		
		GRAVA N° 8
PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	2.65
ABSORCION	[%]	0.82
PESO UNIT. SUELTO	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1423.00
PESO UNIT. COMPACT.	[Kg/m <sup>3</sup> ]	1572.00
TAM. MAX.	[pulg]	
TAM. MAX. NOMINAL	[pulg]	
MOD. FINEZA		2.55
CONT. HUMEDAD	[%]	0.85

**CEMENTO PACASMAYO TIPO I**

PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	3.15
-----------------	---------	------

**DISEÑO**

Para el diseño de mezcla o proporcionamiento de los materiales para la elaboración de las probetas de concreto permeable utilizaremos en base a la relación de vacíos

**Datos requeridos**

Relación agua cemento	a/c	=	0.355
Porcentaje de vacíos	%	=	25
Peso específico del cemento	gr/cm <sup>3</sup>	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm <sup>3</sup>	=	2.65
Absorción	%	=	0.820

**Desarrollo**

De la Gráfica 1 a partir del porcentaje de vacíos obtengo el volumen de pasta necesario, así

Volumen de pasta m<sup>3</sup> (Vp) 0.122

Volumen de vacíos m<sup>3</sup> (Vv) 0.250

Volumen del agregado m<sup>3</sup> Vag = 1-(Vp+Vv) 0.628

Peso del agregado Kg 1664.2

Cemento

Despejando c de la ecuación obtenemos el peso de cemento, así

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

c = 246.031 Kg



Volumen de cemento m <sup>3</sup>	0.078
Cantidad de Agua Kg	87.34
Volumen de agua m <sup>3</sup>	0.087

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	246.03	0.078
Agua	87.34	0.087
Agregado	1664.2	0.628
Total	1997.57	0.79

% vacíos usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{20.66}$$

Con pruebas iniciales de laboratorio usando estas cantidades de materiales y sin aditivo obtengo una mezcla sin cohesión por lo que aumentaremos la cantidad de cemento manteniendo la relación agua- cemento y agregaremos el aditivo propuesto Entonces:

cantidad de cemento nuevo (Kg)                      c =                       $\boxed{246.031}$

Como la relación a/c = modifico la nueva cantidad de agua es (Kg)                      87.341005

En base al porcentaje de vacios, se iguala la siguiente relación y se obtiene la cantidad de agregado, así:

$$(1 - \%V) = \frac{c}{P.e \times 1000} + \frac{a'}{1000} + \frac{g'}{P.e.s.s \times 1000}$$

Cantidad de agregado (g) en Kg =                       $\boxed{1002.39}$

Volumen de cemento Vc=c(3.15\*1000) m<sup>3</sup>=                      0.078

Volumen de agua Va (m<sup>3</sup>) =                      0.087

Volumen de agregado Vg'=g'/(p.e.\*1000) m<sup>3</sup>=                      0.378

**Materiales iniciales sin aditivo para 1m<sup>3</sup> de concreto**

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	246.03	0.078
Agua	87.34	0.087
Agregado	1002.39	0.378
Total	1335.76	0.544

Confirmamos el nuevo % de vacíos usando el volumen total de los materiales calculados, así:

$$\% V = (1-V_t) \times 100 = \boxed{46}$$

Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según especificación de la hoja técnica del aditivo.

De la hoja técnica del aditivo usamos el promedio del rango que se especifica

Vol. de adi. H.T. =                       $\boxed{252.5}$  ml/bls cem

Al usar el aditivo por especificación en su hoja técnica reducimos el agua en 10% entonces la nueva de cantidad de agua es:

a" = a' - 10%a =                       $\boxed{78.61}$

El nuevo volumen de agua es:

$$V_a = a''/1000 \text{ (m}^3\text{)} \quad \boxed{0.079}$$

El volumen del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto es:

$$V_{adi} = V_{adi. esp. tec.} \times N^\circ \text{ de bolsas decemento} \times 10^{-6}$$

Entonces calcularemos el numero de bolsas de cemento por m<sup>3</sup> de concreto es:

$$N^\circ \text{ bolsas de cemento (c/42.5)} \quad 5.79$$

Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:

$$V_{adi} \text{ del aditivo} = \boxed{0.001} \text{ m}^3$$

Peso del aditivo por m<sup>3</sup> de concreto:

$$W_{adi} = P.e. adi. \times V_{adi}$$

El p.e. del aditivo según la hoja técnica es: 4.2 kg/gal. Entonces:

$$P.e. adi = 4.2 \text{ Kg/gal} \times 246.17205 \text{ gal/1m}^3$$

$$P.e. adi = 1109.523 \text{ Kg/m}^3$$

Entonces:  $W_{adi} = \boxed{1.622} \text{ Kg}$

Materiales finales para 1m<sup>3</sup> de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m <sup>3</sup>
Cemento	246.03	0.078
Agua	78.61	0.079
Agregado	1002.39	0.378
Aditivo	1.622	0.001
Total	1327.03	0.535

Confirmamos el % de vacios usando el volumen total de materiales calculados así:

$$\%V = (1 - V_t) \times 1000 = \boxed{46.50} \%$$

Las proporciones de la mezcla calculadas deben ser verificadas en el laboratorio por un conjunto de pruebas y hacer los ajustes necesarios hasta encontrar la resistencia requerida del concreto.

Proporciones para la elaboración de 9 especimenes de 6" x 12"

Material	Cantidad	
Cemento	27.90	Kg
Agua	4.87	Kg
Agregado Grueso	62.16	Kg
Aditivo	11.700	ml

ANEXO 6: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días (15%,20% y 25%)



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN**  
**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA**  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**



TELEFONO 042-521402  
 CIUDAD UNIVERSITARIA - MORALES - PERU

**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO**

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : LMS Y PAV. 001-2019

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE  
 DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE

UBICACION : DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 133 MM/MIN

FECHA : 09/09/2019

RESISTENCIA : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

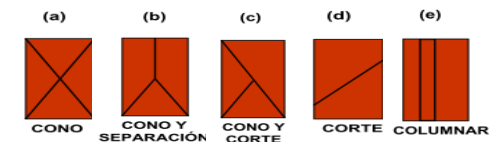
HORA : 7:12 am a 7:22 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	A SENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA Kg-f	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F' C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO %	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	28,560.00	176.71	161.62	210	76.96	E
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	28,580.00	176.71	161.73	210	77.01	E
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	28,550.00	176.71	161.56	210	76.93	E
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,850.00	176.71	151.94	210	72.35	E
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,810.00	176.71	151.71	210	72.24	E
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,840.00	176.71	151.88	210	72.33	E
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,500.00	176.71	149.96	210	71.41	E
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,520.00	176.71	150.07	210	71.46	E
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	09/09/2019	7.00	0.04	15.00	1.44	26,530.00	176.71	150.13	210	71.49	E

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especimenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.
- Cilindros sometidos a las pruebas sin refrentado
- El concreto se encuentran con falla adecuada

TIPO DE FRACTURA



ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - UNSM

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES Y CALCULO DE RESISTENCIA DE CONCRETO

ANEXO 7: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días (15%, 20% y 25%)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFONO 042-521402

CIUDAD UNIVERSITARIA - MORALES - PERU



**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO**

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : LMS Y PAV. 001-2019

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE  
DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE

UBICACION : DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMÁTICO A 133 MM/MIN

FECHA : 16/09/2019

RESISTENCIA : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

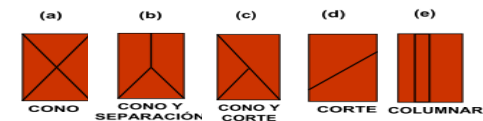
HORA : 7:10 am a 7:20 am

Nº DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	A SENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA Kg-f	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F' C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.48	30,580.00	176.71	173.05	210	82.40	D
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.48	31,000.00	176.71	175.42	210	83.54	D
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.48	30,620.00	176.71	173.27	210	82.51	D
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.46	29,850.00	176.71	168.92	210	80.44	D
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.46	29,780.00	176.71	168.52	210	80.25	D
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.46	29,820.00	176.71	168.75	210	80.36	D
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.45	29,750.00	176.71	168.35	210	80.17	D
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.45	29,740.00	176.71	168.29	210	80.14	D
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	16/09/2019	14.00	0.04	15.00	1.45	29,700.00	176.71	168.07	210	80.03	D

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especimenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.
- Cilindros sometidos a las pruebas sin refrentado
- El concreto se encuentran con falla adecuada

TIPO DE FRACTURA



ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - UNSM

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES Y CALCULO DE RESISTENCIA DE CONCRETO

ANEXO 8: Pruebas de Resistencia la Compresión 28 días (15%, 20% y 25%)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

TELEFONO 042-521402

CIUDAD UNIVERSITARIA - MORALES - PERU



**PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO**

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO :

LMS Y PAV. 001-2019

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE

UBICACION : DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMÁTICO A 133 MM/MIN

FECHA :

30/09/2019

RESISTENCIA : 210 Kg/cm<sup>2</sup>

HORA :

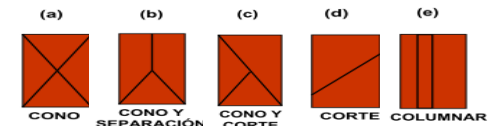
8:20 am a 8:31 am

Nº DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	A SENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA Kg-f	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F' C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO %	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	41,250.00	176.71	233.43	210	111.16	C
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	41,200.00	176.71	233.14	210	111.02	C
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	41,220.00	176.71	233.26	210	111.07	C
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	38,930.00	176.71	220.30	210	104.90	C
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	38,900.00	176.71	220.13	210	104.82	C
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 20% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.66	38,910.00	176.71	220.19	210	104.85	C
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.65	36,800.00	176.71	208.25	210	99.16	C
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.65	36,830.00	176.71	208.42	210	99.25	C
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 25% AC=0.355	02/09/2019	30/09/2019	28.00	0.04	15.00	1.65	36,840.00	176.71	208.47	210	99.27	C

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especimenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.
- Cilindros sometidos a las pruebas sin refrentado
- El concreto se encuentran con falla adecuada








TIPO DE FRACTURA



ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - UNSM

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES Y CALCULO DE RESISTENCIA DE CONCRETO

ANEXO 9: Pruebas de Resistencia la Compresión 7, 14 ,28días para 24% Vacíos

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b> TELEFONO 042-521402 CIUDAD UNIVERSITARIA - MORALES - PERU												
<b><u>PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO</u></b> <b>ASTM : C 39 - 2004</b>													
<b>ASTM : C 39-2004</b>		<b>CERTIFICADO :</b> LMS Y PAV.001-2019											
<b>TESIS :</b> PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE DRENAJE PLUVIAL EN EL JR. MALECÓN GERMÁN ALIAGA DE LA CIUDAD DE TOCACHE													
<b>UBICACION :</b> DISTRITO DE TOCACHE, PROVINCIA DE TOCACHE, DEPARTAMENTO Y REGIÓN SAN MARTÍN													
<b>MATERIAL :</b> ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"													
<b>DISPOSITIVO :</b> AUTOMATICO A 133 MM/MIN		<b>FECHA :</b> Varios											
<b>RESISTENCIA :</b> 210 Kg/cm <sup>2</sup>		<b>HORA :</b> Varios											
N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )	CARGA Kg-f	AREA (cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	F' C DISEÑO (kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO %	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	11/10/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	26,050.00	176.71	147.41	210	<b>70.20</b>	E
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	11/10/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	26,060.00	176.71	147.47	210	<b>70.22</b>	E
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	11/10/2019	7.00	0.04	15.00	1.47	26,030.00	176.71	147.30	210	<b>70.14</b>	E
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	18/10/2019	14.00	0.04	15.00	1.52	30,850.00	176.71	174.58	210	<b>83.13</b>	E
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	18/10/2019	14.00	0.04	15.00	1.53	30,900.00	176.71	174.86	210	<b>83.27</b>	E
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	18/10/2019	14.00	0.04	15.00	1.52	30,870.00	176.71	174.69	210	<b>83.18</b>	E
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	04/11/2019	28.00	0.04	15.00	1.64	37,150.00	176.71	210.23	210	<b>100.11</b>	E
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	04/11/2019	28.00	0.04	15.00	1.64	37,120.00	176.71	210.06	210	<b>100.03</b>	E
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/10/2019	04/11/2019	28.00	0.04	15.00	1.64	37,140.00	176.71	210.17	210	<b>100.08</b>	E
<b>OBSERVACIONES:</b>  1.- Las roturas de los especimenes de concreto han sido verificados en prensa de velocidad constante 1.33 mm/min.  2.- Cilindros sometidos a las pruebas sin refrentado  3.- El concreto se encuentran con falla adecuada									<b>TIPO DE FRACTURA</b>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">                       (a)                      CONO                 </div> <div style="text-align: center;">                       (b)                      CONO Y SEPARACIÓN                 </div> <div style="text-align: center;">                       (c)                      CONO Y CORTE                 </div> <div style="text-align: center;">                       (d)                      CORTE                 </div> <div style="text-align: center;">                       (e)                      COLUMNAR                 </div> </div>				
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - UNSM PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECIMENES Y CALCULO DE RESISTENCIA DE CONCRETO													

**ANEXO 10: Determinación del Coeficiente de Permeabilidad**

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD**

Dimensiones de la Muestra : Diámetro  cm Area  cm<sup>2</sup>

EQUIPO : Altura (h):  Volumen :

Ensayo N°	Equipo	Tipo de Recepción Fluido	T° °C	Area cm <sup>2</sup>	i Constante	Caudal (Q) cm <sup>3</sup>	Lectura del Tiempo seg	K cm/seg	K <sub>20</sub> Corregido cm/seg
1	Carga Constante	Volumetria	23	176.72	0.33	1000	37.00	0.45882399	0.3734368440
2	Carga Constante	Volumetria	23	176.72	0.33	1000	36.00	0.47156910	0.3838100897
3	Carga Constante	Volumetria	23	176.72	0.33	1000	39.00	0.43529455	0.3542862366
4	Carga Constante	Volumetria	23	176.72	0.33	1000	37.00	0.45882399	0.3734368440
5	Carga Constante	Volumetria	23	176.72	0.33	1000	37.00	0.45882399	0.3734368440
			<input type="text" value="23"/>					0.45666712	0.3716813717

Coeficiente de Permeabilidad k =  cm/s

Coeficiente de Permeabilidad k<sub>20</sub> t°C =  cm/s

K =

OBSERVACIONES: