

## **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“PROPUESTA DE INNOVACIÓN METODOLÓGICA Y SU RELACIÓN  
CON EL DISEÑO DE CONCRETOS PERMEABLES EN EL DISTRITO DE  
TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”**

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

**AUTORES:**

**BACH. DARLIN SAAVEDRA GRANDEZ**

**BACH. JAVIER PAZ PANDURO**

**ASESOR:**

**M.Sc. ING. JOSÉ LUIS NORIEGA DÁVILA**

**TARAPOTO – PERÚ  
2021**

## **DEDICATORIA**

A mi señor padre y a mi hermana por todo su apoyo, a mi esposa Jelstyn por ser el pilar principal para la culminación de este trabajo, que con su apoyo constante y amor incondicional ha sido amiga, compañera y consejera en todo momento.

A mi preciosa hija Adela Valeska que con su sonrisa me ha levantado los ánimos muchas veces cuando las fuerzas me abandonaban.

DARLIN SAAVEDRA GRÁNDEZ

El presente proyecto de tesis está dedicado a Dios por todo lo que me ha brindado hasta el momento, a mi esposa e hijo; a mi señora madre; a mis queridos hermanos por brindarme su apoyo incondicional y que son el motor que me impulsan a conseguir mis metas y realizar mis objetivos.

JAVIER PAZ PANDURO

## **AGRADECIMIENTO**

Expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas que nos han apoyado, en especial a nuestro asesor Ing. José Luis Noriega Dávila que contribuyó a que el trabajo se realice con éxito y también a todos aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos

Los autores

## 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:

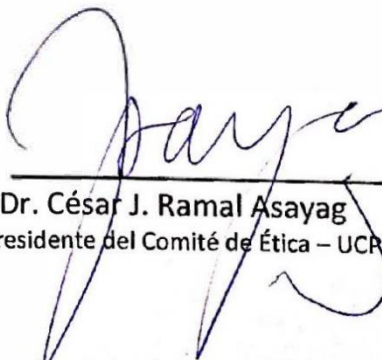
La Tesis titulada:

**"PROPUESTA DE INNOVACIÓN METODOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON EL  
DISEÑO DE CONCRETOS PERMEABLES EN EL DISTRITO DE TARAPOTO,  
PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN"**

De los alumnos: **SAAVEDRA GRANDEZ DARLIN Y PAZ PANDURO JAVIER**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **20% de plagio**.

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

San Juan, 28 de enero del 2021.



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

CJRA/tri-a  
294-2021

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP\_INGENIERÍA CIVIL\_2021\_TESIS\_DARLINSAAVEDRA\_JAVIERPAZ\_V1  
(D93542473)  
Submitted: 1/25/2021 4:11:00 PM  
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe  
Significance: 20 %

### Sources included in the report:

UCP\_INGENIERIA CIVIL\_2020\_TESIS\_LISBETH SOTO\_GENITH SOPAN\_V1.pdf (D75624869)  
2016-11-10 TESIS BYRON Ramos Correcciones Tribunal.doc (D23249958)  
RAMOS SALCEDO 2019 12 21.docx (D63844829)  
UCP\_INGENIERIA CIVIL\_2020\_TESIS\_JOSEMEGO\_SILVIAVALLE\_V1.pdf (D77651332)  
[ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/harenas/docs/MATERIALES%20DE%20CONSTRUCCION/CONCRETO%20HIDRAULICO/CURSO\\_BASICO\\_DE\\_TECNOLOGIA\\_DEL\\_CONCRETO.pdf](ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/harenas/docs/MATERIALES%20DE%20CONSTRUCCION/CONCRETO%20HIDRAULICO/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO.pdf)  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3517/CIVIL%20-%20Havila%20P%C3%A9rez%20Quintana%20%26%20Alexander%20Jacob%20Le%B3n%20Baltodano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

### Instances where selected sources appear:

16



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°465-2020-UCP-FCEI del 05 de noviembre de 2020, 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 Ríos Vargas, M. Sc.      | Presidente |
| • Ing. Joel Padilla Maldonado, M. Sc. | Miembro    |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco  | Miembro    |

Como Asesor: **Ing. José Luis Noriega Dávila, M. Sc**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 18:00 horas del día 22 de febrero del 2021, 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 INNOVACIÓN METODOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO DE CONCRETOS PERMEABLES EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”**

Presentado por los sustentantes:

### **DARLIN SAAVEDRA GRANDEZ y JAVIER PAZ PANDURO**

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 Unanimidad (16) dieciséis

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



Presidente



Miembro



Miembro

Contáctanos:

Iquitos – Perú  
065 - 26 1088 / 065 - 26 2240  
Av. Abelardo Quiñones Km. 2.5

Filial Tarapoto – Perú  
42 – 58 5638 / 42 – 58 5640  
Leoncio Prado 1070 / Martines de Compagñon 933

Universidad Científica del Perú  
www.ucp.edu.pe

# APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 22 de marzo a las 6:00 p.m. del 2021



---

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



---

**M.Sc. ING. JOEL PADILLA MALDONADO**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**ING. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO**  
MIEMBRO DEL JURADO



---

**M.Sc. ING. JOSÉ LUIS NORIEGA DÁVILA**  
ASESOR

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1 Título:.....	15
1.2 Área y Línea de investigación:.....	15
1.3 Planteamiento del Problema.....	15
1.4 Problema general.....	16
1.5 Problemas específicos.....	16
1.6 OBJETIVOS:.....	16
1.6.1 Objetivo General.....	16
1.6.2 Objetivos específicos.....	16
1.7 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:.....	17
1.7.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:.....	17
1.7.2 ANTECEDENTES NACIONALES:.....	18
1.8 BASES TEÓRICAS.....	21
1.8.1 CONCRETO.....	21
1.8.2 DEFINICIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE.....	21
1.8.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.....	22
1.8.3.1 VENTAJAS:.....	22
1.8.3.2 DESVENTAJAS:.....	23
1.8.4 USOS Y/O APLICACIONES.....	24
1.8.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE.....	24
1.8.5.1 Propiedades en estado fresco.....	25
1.8.5.2 Propiedades en estado endurecido.....	26
1.8.6 PERMEABILIDAD.....	28
1.8.7 ELEMENTOS DEL CONCRETO.....	29



1.8.8	CEMENTO.....	30
1.8.9	CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS.....	31
1.8.10	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS CEMENTOS .....	31
1.8.10.1	Finura: .....	31
1.8.10.2	Hidratación:.....	31
1.8.10.3	Agregados.....	32
1.8.10.4	Agua .....	32
1.8.10.5	Aditivos.....	33
1.8.11	DISEÑO DE MEZCLA .....	34
1.8.11.1	MATERIALES.....	34
1.8.11.2	CEMENTO .....	35
1.8.11.3	AGREGADO GRUESO.....	35
1.8.11.4	AGREGADO FINO.....	36
1.8.11.5	ADITIVOS .....	36
1.9	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	38
1.9.1	CONCRETO PERMEABLE.....	38
1.9.2	AGUAS PLUVIALES:.....	38
1.9.3	SOLERAS:.....	38
1.9.4	POROSIDAD:.....	38
1.9.5	GRADACION DEL AGREGADO: .....	38
1.9.6	ACUÍFERO: .....	39
1.9.7	PAVIMENTO: .....	39
1.9.8	ESCORRENTÍA: .....	39
1.9.9	ZONA URBANA: .....	39
1.10	HIPÓTESIS: .....	40
1.10.1	HIPÓTESIS GENERAL: .....	40
1.10.2	HIPÓTESIS NULA: .....	40
1.11	VARIABLES:.....	40
1.11.1	Variable Independiente.....	40
1.11.2	Variable Dependiente .....	40
	 CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	 41
2.1.	MATERIALES Y EQUIPOS.....	41
2.1.1.	MATERIALES.....	41
2.1.2.	EQUIPOS.....	41

2.2.	MÉTODOS .....	41
2.2.1.	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41
2.2.1.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	41
2.2.1.2	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	42
2.2.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	42
2.2.2.1	POBLACIÓN:.....	42
2.2.2.2	MUESTRA:.....	42
2.2.3.	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	42
2.2.3.1	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
2.2.3.2	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	42
2.2.3.3	PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	42
2.2.4.	PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS. ....	43
2.2.5.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	43
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		44
3.1.	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	44
3.1.1.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES.....	44
3.2.	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS...46	
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 PERMEABLE .....	47
3.3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS .....	48
3.4.	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN .....	48
3.4.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN .....	49
3.5.	TIPO DE FRACTURA.....	54
3.6.	ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA.....	54
3.7.	ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD .....	55
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		56
4.1.	CONCLUSIONES .....	56
4.2.	RECOMENDACIONES: .....	57
CAPITULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		58

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: La estructura vacía del concreto permeable permite el paso fácil de agua de lluvia..	22
Ilustración 2: Pavimentos con: a) bloque rectangular de concreto, b) bloque Irregular, c) bloque hexagonal .....	24
Ilustración 3: Grafica de la relación agua/cemento vs el contenido de aire para dos valores.....	26
Ilustración 4: Materiales del concreto permeable.....	29
Ilustración 5: El concreto de la caja es de 1/4" (6.5mm) y el que está debajo de.....	32
Ilustración 6: Muestras de concreto permeable con diferentes contenidos de agua: (a) falta de agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) mucha agua.....	33
Ilustración 7: Marca y tipo de cemento a usar durante la experimentación.....	35
Ilustración 8: Proporción Óptima para Concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> permeable.....	50
Ilustración 9: Grafico Barras Resistencia a la Compresión .....	53
Ilustración 10: Tipos de Fracturas.....	54
Ilustración 11: Diagrama lineal de Permeabilidad.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de aditivos para el concreto permeable .....	34
Tabla 2: Características Físicas de los Agregados .....	44
Tabla 3: Requerimientos Agregado Grueso .....	45
Tabla 4: Resumen de Materiales por cada Diseño de Mezcla .....	47
Tabla 5: Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco .....	48
Tabla 6: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión .....	49
Tabla 7: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos .....	50
Tabla 8: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión .....	51
Tabla 9: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes .	52
Tabla 10: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos .....	53
Tabla 11: Análisis de Costos de Materiales por m <sup>3</sup> para cada Mezcla .....	54

# RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo, determinar la propuesta de innovación metodológica y su relación con el diseño de concretos permeables en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

Nuestro diseño experimental, permitió que las muestras de agregados, combinados con el aglutinante (cemento), fueran llevadas a laboratorio para realizar las pruebas correspondientes, llegando a conclusiones como las que mencionamos a continuación:

- 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 233.40 kg/cm<sup>2</sup>, 220.41 kg/cm<sup>2</sup>, 210.40 kg/cm<sup>2</sup> y 208.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. De los cuales, todos los diseños de 15%, 20%, 24% y 25% de vacíos, cumplieron con la resistencia requerida de diseño. Analizando estos 4 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 0.40 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 0.488 cm/s, valor que se encuentra muy cercano al límite superior del rango para concretos permeables el cual es 0.54 cm/s.

**Palabras claves: Innovación metodológica, Pavimentos permeables.**

## ABSTRACT

The present research aims to determine the methodological innovation proposal and its relationship with the design of permeable concrete in the district of Tarapoto, province and department of San Martin.

Our experimental design allowed the aggregate samples, combined with the binder (cement), to be taken to the laboratory to carry out the corresponding tests, reaching conclusions such as those mentioned below:

- Pervious concrete mix designs were made for 15%, 20%, 24% and 25% voids, for a compressive strength of 210 kg / cm<sup>2</sup>, obtaining the values of 233.40 kg / cm<sup>2</sup>, 220.41 kg / cm<sup>2</sup>, 210.40 kg / cm<sup>2</sup> and 208.52 kg / cm<sup>2</sup> respectively. Of which, all the 15%, 20%, 24% and 25% void designs met the required design strength. Analyzing these 4 mixes designs we conclude that the design for 24% voids is the optimal one, since it is the one that is closest to the required design resistance, having only a difference of 0.40 kg / cm<sup>2</sup>.
- The minimum values of resistance to breakage for pavements on local roads, described in the CE standard. 010 urban pavements is MR = 34kg / cm<sup>2</sup>. Based on this value and comparing it with the values obtained from 20%, 24% and 25% of voids at 7, 14 and 28 days of the tests, they comply, since much higher resistances were obtained than required by CE standard 010.
- From the infiltration coefficient of the optimal mix design for 24% voids, it is concluded that this design has a high level of permeability because a value of 0.488 cm / s was obtained, a value that is very close to the upper limit of the range for permeable concretes which is 0.54 cm / s.

**Keywords: Methodological innovation, Permeable pavements.**

## **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Título:**

“PROPUESTA DE INNOVACIÓN METODOLÓGICA Y SU RELACIÓN CON EL DISEÑO DE CONCRETOS PERMEABLES EN EL DISTRITO DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”

### **1.2 Área y Línea de investigación:**

#### **Área:**

Transportes

#### **Línea:**

Pavimentos Urbanos

### **1.3 Planteamiento del Problema**

En el contexto internacional, los concretos permeables, juegan un papel importante en la evacuación de aguas superficiales, sobre todo las provocadas por las lluvias, hay lugares en el mundo en el que la lluvia es muy intensa y se genera escorrentía rápidamente sobre el suelo o pavimento existente, por lo que origina la acumulación de agua superficial que impide una normal transitabilidad de personas y vehículos.

En el ámbito nacional, no se ha desarrollado mucho esta aplicación de concretos permeables en zonas de lluvias, se han utilizado otras metodologías que resultan más costosas, como por ejemplo cunetas, sub drenes, para solucionar esta problemática.

En el ámbito local, en nuestro distrito de Tarapoto, tampoco se han utilizado estas metodologías de diseño de concreto permeable, a fin de captar y encausar las aguas de escorrentía causadas por las lluvias, ya que en nuestra ciudad las precipitaciones son frecuentes y abundantes, colapsando no solo las cunetas existentes, sino también el sistema de alcantarillado sanitario, ya que muchos de los propietarios de viviendas, conectan sus montantes de agua de lluvia directo al alcantarillado sanitario, sumándose además las aguas que ingresan por las tapas de los buzones y por consiguiente colapsan el sistema.

## **1.4 Problema general**

¿Cuál será la propuesta de innovación metodológica y cómo será su relación con el diseño de concretos permeables en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín?

## **1.5 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 del concreto permeable?

## **1.6 OBJETIVOS:**

### **1.6.1 Objetivo General**

Determinar la propuesta de innovación metodológica y su relación con el diseño de concretos permeables en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

Determinar de qué forma las precipitaciones influyen en el diseño del concreto permeable.

Determinar de qué manera la permeabilidad tiene influencia en el diseño del concreto permeable.



## 1.7 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO:

### 1.7.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES:

**José Mauricio Porras Morales**, (2017), en su trabajo de investigación titulado: Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. Del Instituto Tecnológico de Costa Rica. En la que llegaron a las conclusiones siguientes:

- 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.

**Cardona (2017)** cuya investigación titulado “Propiedades mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos” nos indica que, Los diversos métodos de aplicación para el concreto permeable a generado el incremento de su uso, ante ello el objetivo de este trabajo es usar el hormigón junto con diferentes cementos que existentes a la venta para conocer cuál arroja mejor resultados, el estudio se hizo mediante 15 cilindros y 3 vigas diseñando la mezcla con tres tipos de cemento y hormigón que existen en la ciudad de Quito, fueron

ensayados a pruebas de compresión y permeabilidad. A la conclusión que llegó el autor fue que mediante las normas del ASTM se conoció porcentaje de absorción, resistencia y densidad resultados que llevaron a conocer que las fallas en este tipo de pavimento se producen a través de fracturas en el agregado grueso y no en concreto como se pensó en el principio.

**Hernández (2017)** en la tesis que lleva por título “Concreto permeable con adición de tiras plástico y su aplicación en pavimentos rígidos de tráfico liviano” confirma lo siguiente, El incremento de construcción de vías usando pavimento rígido o pavimento flexible representa un problema para el medio ambiente, ya que las áreas verdes se están quedando sin fuentes subterráneas de agua, ante lo cual el autor propone el uso de pavimento rígido con baja densidad y haciendo uso de polietileno como aditivos, sí se realizó ensayos en laboratorio con la mezcla de concreto usando el ACI 522 R-10, para lo cual a dos diseños se adicionó el polietileno y a otro diseño se agregó el polipropileno, que representa un 0.10% de la mezcla además, estos ensayos se sometieron a compresión, flexión, permeabilidad y tracción para pavimentos de bajo tránsito como lo indica el ASTM. Finalmente llegaron a la conclusión de que la mezcla con tiras de polietileno de 4mm x 20mm, 0.10% del total de la mezcla es el que se acopla mejor y cubre mejor las necesidades para ser utilizado en un pavimento de liviano tráfico por incrementar en un 26% la resistencia del concreto a comparación de un concreto sin adicionar tiras.

### **1.7.2 ANTECEDENTES NACIONALES:**

**Guizado y Curi (2017)** concerniente al estudio titulado “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noreste del Perú” dicen que, Debido a las alteraciones por la corriente del Niño las precipitaciones aumentan por lo que es necesario plantear una solución para tener un mayor control de las mismas, es por ello que los autores en esta investigación plantean como solución el concreto permeable en vías locales costeras; a través de medidas de resistencia y compresión se evaluará el concreto permeable, usando 15 probetas para obtener

medidas cuantitativas de resistencia y permeabilidad; para posteriormente comparar los resultados obtenidos con normas para pavimento urbano y el ACI; llegando a la conclusión que sí es factible utilizar el concreto permeable a pesar de ser un tanto costoso al momento de ejecutarlo, pero que los ahorros de costos se ven a largo plazo por no requerir mucho mantenimiento a diferencia de un pavimento flexible que es mucho más accesible y barato pero el costo incrementa en el mantenimiento, finalmente el concreto permeable también cumple con las necesidades para la construcción de vías locales en la costa peruana.

**Olivas (2017)** referente a su tesis “Aplicación de concreto permeable como una nueva alternativa de pavimentación en la ciudad de Chimbote – provincia de Santa – Ancash” nos dice que, A través del concreto permeable busca conocer si el concreto permeable es una buena opción para aplicar en la ejecución de vías y a la vez contribuir con el cuidado del medio ambiente en la Provincia de Santa. Esta investigación es aplicada porque utiliza conocimientos ya dados y descriptivos porque con la utilización del concreto permeable se buscará obtener resultados que se adapten a la realidad problemática además que se puedan aplicar en pavimentación y se reduzcan los daños al medio ambiente. Para ello se hicieron ensayos que permitieron conocer el comportamiento del concreto mediante porcentajes de vacíos, infiltración y esfuerzos a compresión, llegando a la conclusión de que el concreto formulado satisface los parámetros del ACI y sobre todo cubre las necesidades identificadas en el lugar, al mismo tiempo cabe recalcar que los costos son considerables para la ejecución, pero los ahorros económicos se ven a largo plazo.

**Falcón y Santos (2016)** en la tesis designada “Diseño de un pavimento rígido permeable, con agregados de la cantera Chullqui, para el drenaje urbano en estacionamientos en la ciudad de Huánuco” afirman que, En Huánuco durante las épocas de lluvia el agua es retenida en las vías a pesar de contar con elementos de drenaje, es de esa manera que los autores proponen un pavimento poroso para estacionamientos o vías en las que el tránsito sea de vehículos como moto taxi y automóviles. Esta investigación es aplicada cuantitativa y tiene un nivel descriptivo. Para ello se desarrolló estudios de flexión y compresión, para conocer la resistencia y hacer un diseño de pavimento permeable. Finalmente, los resultados que el

concreto más adecuado para los estacionamientos de Huánuco son los que se sometieron a un curado de 28 días por arrojar un resultado de  $a/c = 0.28$ , asimismo los vacíos fueron a 15%, el esfuerzo cortante fue de 82.73 kg/cm<sup>2</sup> y el esfuerzo de arqueamiento arrojó 27.09kg/cm<sup>2</sup>.

## **1.8 BASES TEÓRICAS**

### **1.8.1 CONCRETO**

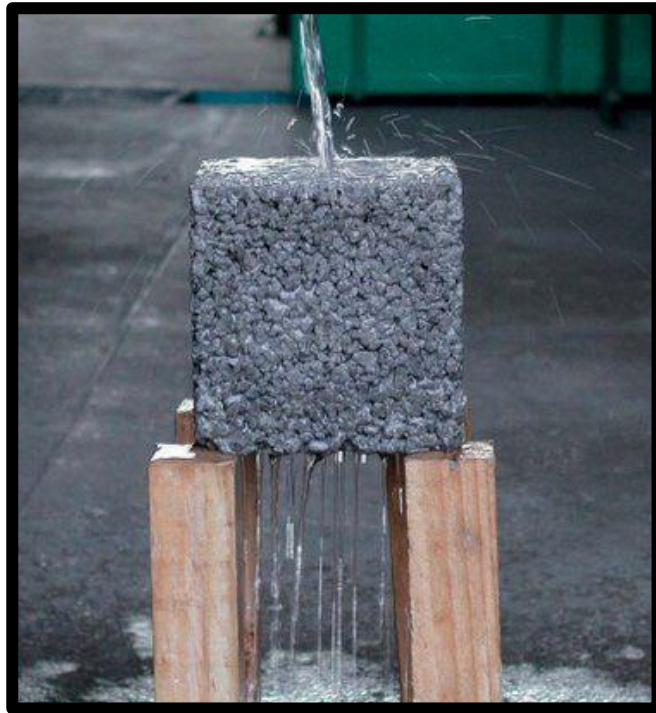
El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (Polanco 2012)

### **1.8.2 DEFINICIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE**

El concreto permeable es un tipo especial de concreto con una alta porosidad, usado para aplicaciones en superficies de concreto que permita el paso a través de él de agua proveniente de precipitación y otras fuentes, reduciendo la escorrentía superficial de un sitio y recargando los niveles de agua subterránea. La alta porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados (NRMCA CIP38, 2004)

La ACI (American Concrete Institute por sus siglas en inglés) lo define como una mezcla con revenimiento muy cercano a cero, es decir un concreto de consistencia seca, compuesto de cemento Portland o cementos modificados, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, agua y eventualmente aditivos especiales. Esta combinación produce una mezcla resistente con poros conectados entre sí que permiten el paso del agua. (Report on Pervious Concrete, 2010, pág. 2).

Es fabricado a partir de cantidades controladas de: cemento, agregado grueso, aditivos, agua y poca o nada de finos. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm, lo que permite el paso del agua. El contenido de vacíos puede variar de un 18 a un 35 por ciento, con resistencias a compresión típicas de 2,8 a 28 MPa (Vélez, 2010).



*Ilustración 1: La estructura vacía del concreto permeable permite el paso fácil de agua de lluvia*

*Fuente: <https://labingranada.org/idea/pavimento-permeable>*

### **1.8.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS**

#### **1.8.3.1 VENTAJAS:**

El concreto permeable es método de construcción innovador el cual trae en si ventajas tanto ambientales, estructurales y económicas de tal manera que su aplicación sea mejor a la del concreto tradicional. A continuación, presentamos algunas ventajas:

- Elimina los charcos de agua generada por las lluvias o personas en las calles.
- La reducción de las islas de calor en los medios gracias a su estructura porosa. Las islas de calor urbana es un ejemplo de modificación climática no intencional cuando la urbanización le cambia las características naturales a la superficie (James, 2008).
- Una superficie plana, en comparación de los pavimentos hechos con concreto tradicional que necesitan una pequeña pendiente para derivar las aguas a los sistemas de evacuación de alcantarillado.

- Su ausencia de finos hace que las cargas que son aplicadas sobre este tipo de pavimento se transmitan de forma heterogénea, es decir, la transmisión de cargas se realiza por puntos de contacto, causando que las fuerzas se distribuyan aleatoriamente y se repartan en una mayor superficie. A diferencia de un concreto tradicional, que lo hace en forma homogénea que presenta mayor concentración de cargas en menos superficie.
- La captación de líquidos contaminantes que por el método de derivación de aguas convencional puedan desembocar en los cauces, lagos y océanos.
- El uso de geotextiles en este tipo de concreto ayuda a la retención de líquidos contaminantes, por lo que evita la contaminación de capas inferiores del pavimento.
- Evita perder el ciclo natural del agua, provocando el aumento de los mantos acuíferos.

#### **1.8.3.2 DESVENTAJAS:**

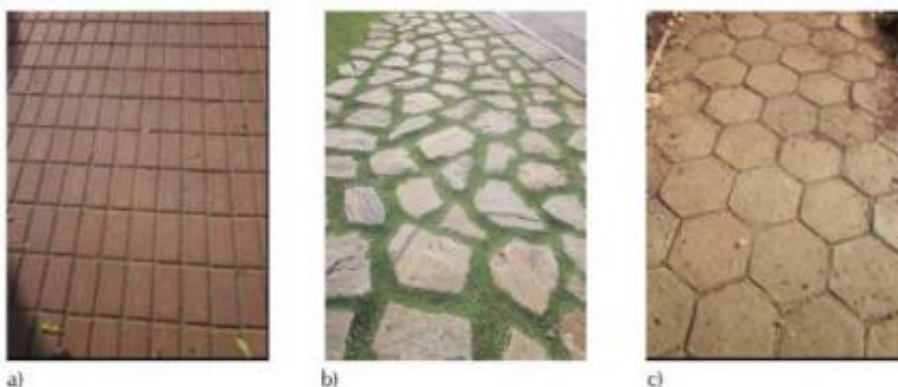
- Existen algunas limitaciones con respecto al concreto permeable. Este puede presentar un bajo desempeño en climas de baja temperatura y la durabilidad por efecto de hielo-deshielo. A continuación, se hablará más a detalle acerca de sus desventajas:
- Evitar colocar en zonas expuestas a aguas contaminantes, para que alteren las aguas subterráneas.
- Uso limitado a tránsito ligero, debido a la baja resistencia a la abrasión y desgaste.
- Congelamiento de la salida de infiltración en climas extremos con efectos de hielo y deshielo.
- La pérdida de permeabilidad con el paso del tiempo por el efecto de colmatación, debido a que se tapan los vacíos con material fino.
- La aplicación errónea de productos para el mantenimiento puede dañar el concreto permeable.
- Pérdida de permeabilidad con el paso del tiempo, debido a que se van tapando los espacios vacíos con material fino, por lo que se requiere de un mantenimiento a base de agua a presión.

- No colocar acero de refuerzo, puesto que con la filtración del agua se daría el efecto de corrosión

#### 1.8.4 USOS Y/O APLICACIONES

El concreto permeable es usado principalmente en zonas donde el tránsito es liviano, pero también hay diseños donde el tránsito es pesado como en carreteras. También en zonas donde se requiera que el agua se infiltre hacia el subsuelo (ver figura 3). Como, por ejemplo:

- Veredas
- Ciclovías
- Parques
- Plazas
- Pisos alrededor de piscinas
- Pisos alrededor de piletas
- Locales de lavado de vehículos



*Ilustración 2: Pavimentos con: a) bloque rectangular de concreto, b) bloque Irregular, c) bloque hexagonal*

*Fuente: Esgurrimiento en pavimentos de bloques de suelo-cemento: un abordaje experimental ( Zegarra)*

#### 1.8.5 PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE

Para comprender y conocer mejor el concreto permeable es necesario describir algunas propiedades en estado fresco y endurecido, las cuales serán analizadas en laboratorio.



### **1.8.5.1 Propiedades en estado fresco**

El concreto en estado fresco es cuando se encuentra recién preparado cuyo estado es plástico y moldeable, donde aún no se inicia el fraguado ni endurecimiento. Aquí se logra adoptar a la forma en la que se busca ser colocado a través del encofrado.

#### **Slump**

El slump o asentamiento es realizado mediante el método del ASTM C143. Esta tiene como objetivo, medir la consistencia del concreto en estado fresco. Los asentamientos en las mezclas difieren según su humedad, es decir, mientras más húmeda se la mezcla mayor será el asentamiento. El concreto permeable en estado plástico es consistente comparada con un concreto convencional debido a su bajo contenido de agua, por lo que su asentamiento generalmente varío de 0 a 2 pulgadas.

#### **Contenido de vacíos**

El contenido de vacíos en estado fresco se puede calcular mediante el método del ASTM C1688 y está relacionado directamente con el peso volumétrico. El contenido de vacíos depende en gran medida de varios factores: granulometría del agregado, contenido de material cementante, relación a/c, y la energía de compactación.

#### **Peso Volumétrico**

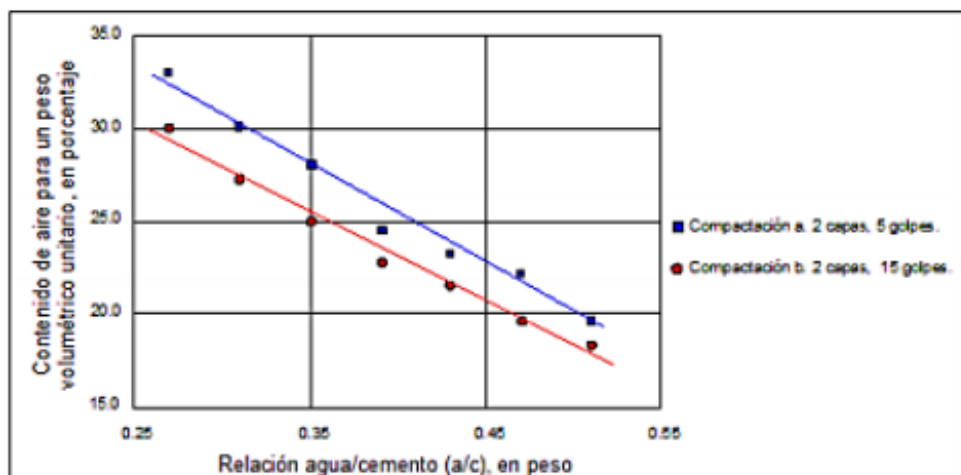
El peso volumétrico de las mezclas de concreto permeable en estado fresco se determina de acuerdo a la norma ASTM C1688 y está relacionado directamente con el contenido de vacíos. El peso volumétrico del concreto permeable normalmente oscila entre 1,600 a 2,000 kg/m<sup>3</sup>, dependiendo del porcentaje de vacíos que este contenga.

#### **Relación, contenido de vacíos/peso volumétrico**

Pérez Ramos (2009) realizó una serie de pruebas en laboratorio, en donde quedo determinado que una sola mezcla de concreto permeable, compactada con 8 niveles diferente de energía producen valores de peso volumétrico que oscilan

entre los 1680 y 1920 kg/m<sup>3</sup>. El comportamiento de resistencia en el concreto permeable aumenta si la porosidad disminuye, por el contrario, si la porosidad aumenta la resistencia disminuye. Por medio de pruebas de laboratorio y estudios se ha demostrado que el porcentaje de vacíos para concreto permeable debe estar en un rango de 14% a 31%, pero ya en la práctica, se utiliza un porcentaje de vacíos de 15% a 25%, obteniendo resistencias mayores a 140 kg/cm<sup>2</sup>

En la figura podemos observar el contenido de aire en función de la relación agua/cemento, con dos valores diferentes de compactación.



*Ilustración 3: Gráfica de la relación agua/cemento vs el contenido de aire para dos valores*

Fuente: No-Fines Pervious Concrete for Paving (Meininger)

### Propiedades en estado endurecido

El concreto en estado endurecido se logra luego de que el concreto haya pasado su estado de hidratación, donde pasa del estado plástico al estado rígido. Es aquí donde el concreto luego de haber fraguado, se endurece y logra ganar resistencia.

### Resistencia a la compresión

La máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial se le conoce como resistencia a la compresión y se determina de acuerdo a la norma ASTM C39 y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>) a una edad de 28 días y se identifica con la siguiente nomenclatura (f'c). Ahora bien,

para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de especímenes, mortero y/o de concreto.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y frecuentemente encontramos su empleo en los cálculos para el diseño de puentes, edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión de este tipo de concreto está determinada por la resistencia, cuando se ve afectada por la proporción de la matriz y por el esfuerzo de la compactación durante la colocación. (Meininger, 1988) Ilustra la relación entre la resistencia a compresión del concreto permeable y el contenido de los vacíos.

En cuanto a las propiedades de la pasta y de la relación pasta-agregado, es necesario mejorar la resistencia de la pasta alrededor del agregado y la cohesión entre agregado y la pasta, de esta manera mejorará la resistencia del concreto permeable, esta condición se puede lograr variando el tamaño de los agregados u ocupación de aditivos.

Por otra parte, la relación agua-cemento de la mezcla de concreto permeable es vital para el desarrollo y la sustentabilidad de la resistencia a la compresión y la consolidación de la estructura de huecos, la relación entre agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto convencional no es significativa. El contenido de material cementante de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a la compresión y estructura de huecos. Un contenido de material cementante bajo dará como resultado una capa endurecida de pasta envolviendo al agregado y resistencia a la compresión reducida. Las mezclas de concreto permeable ofrecen una resistencia a la compresión entre 35 a 280 kg/cm<sup>2</sup>, ofreciendo una amplia gama de usos.

### **Resistencia a la flexión**

La medida de resistencia a la tracción del concreto, se define como resistencia a la flexión del concreto en donde su función principal radica en medir la resistencia de la falla en una viga o losa de concreto no reforzada y se expresa como el módulo de rotura en kg/cm<sup>2</sup>, se determina mediante los métodos de ensayo ASTM C78. El módulo de rotura oscila en los parámetros de 10% al 20% de la resistencia a la

compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado, sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales obtenidos y el diseño de mezclas. El módulo de rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico ordinario, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, relativamente más alta que en el concreto ordinario. (Pérez, 2009)

### **1.8.6 PERMEABILIDAD**

La principal característica del concreto permeable es la capacidad de infiltración de agua a través de su estructura, la cual se calcula según la norma ACI 522R-10. Esta permeabilidad está relacionada directamente con el contenido de vacíos. Estudios y pruebas realizadas por diferentes autores han demostrado que se necesita como mínimo un porcentaje de vacíos del 15% para lograr capacidades significativas de permeabilidad.

Según Cabello, Sandra et al. (2015), para que una mezcla sea considerada porosa, debe tener como mínimo un 15% de huecos. Se recomienda además que este contenido no supere el 25% por la poca estabilidad de la mezcla. El porcentaje de espacio vacío es parcialmente dependiente del tamaño de agregado utilizado: agregado de 10 mm produce 15 a 25% de contenido de vacío; roca de 12 mm produce 30 a 40 por ciento de contenido de vacío y una superficie notoriamente más áspera.

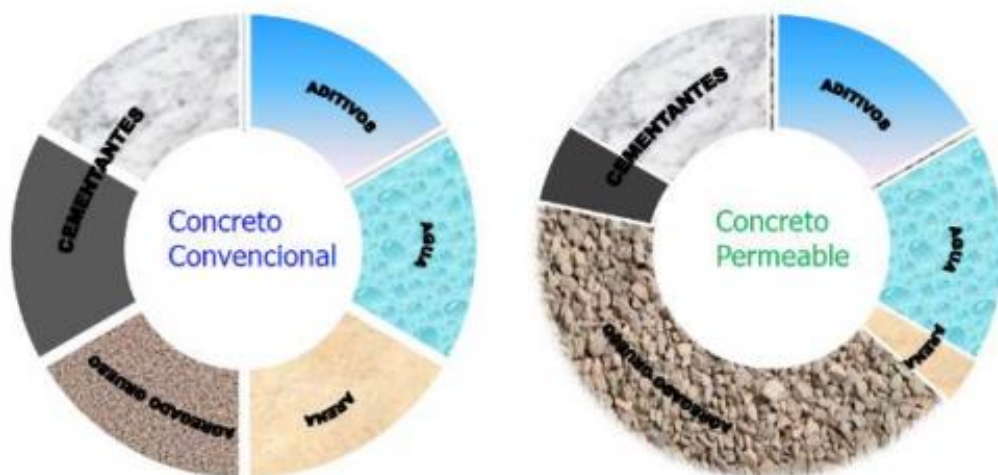
Puesto que la capacidad de filtración se incrementa a medida que se incrementa el contenido de huecos de aire, consecuentemente, disminuye la resistencia a la compresión, por lo que el proporcionamiento de la mezcla debe satisfacer un equilibrio entre una capacidad de filtración y resistencia a la compresión aceptable.

La permeabilidad del concreto poroso, se puede medir a través de permeámetros de carga variable (ver figura 5), el procedimiento más común consiste en obtener

la permeabilidad por medio de permeámetros LCS [Leachete Collection System], en primer lugar, se mide el tiempo que tarda en descender el nivel de agua entre dos marcas, fluyendo el agua a través de un pequeño orificio. Por su parte el permeámetro LCS obtiene los resultados óptimos de permeabilidad los cuales son comparados contra distintos estados de permeabilidad de un pavimento. En cuanto al permeámetro cabe destacar que no necesita ningún tipo de calibración previa, pues cuenta con las marcas necesarias para realizar la correspondiente medición del tiempo que tarda en infiltrarse el volumen de agua contenido entre ellas. La permeabilidad de las mezclas se considera escasa o deficiente cuando el tiempo medido está por encima de los 200 segundos y satisfactoria cuando es menor de 100 segundos. El resultado para una mezcla bituminosa porosa recién colocada debe ser inferior a 50 segundos, debiendo estas preferiblemente por debajo de los parámetros 25 a 35 segundos. (Pérez, 2009).

### 1.8.7 ELEMENTOS DEL CONCRETO

El concreto permeable usa agregado grueso, material cementante, agua y aditivos; sin embargo, el uso de agregado fino está permitido hasta en un 10% de la mezcla. Se podría decir entonces que el concreto permeable usa los mismos materiales que el concreto convencional, con la excepción que el agregado fino se elimina casi por completo (ver ilustración 4)



*Ilustración 4: Materiales del concreto permeable.*

*Fuente: Concreto Permeable, sus propiedades y aplicaciones (Aire)*

### 1.8.8 CEMENTO

El concreto permeable es elaborado con cemento portland, el cual es un material cementante producido por la mezcla de Clinker y Yeso. Este debe satisfacer las normas ASTM C150, ASTM C595, o ASTM C1157, y tiene como función principal la aglomeración de partículas gruesas. (Pérez, 2009)

El cemento Portland es un cemento hidráulico producido por la pulverización de clinker, este está compuesto de silicatos de calcio hidráulicos, además, uno o más formas de sulfatos de calcio (yeso), como un añadido en la etapa de molienda. La molienda es una operación que permite la reducción del tamaño de la materia hasta tener una granulometría final deseada, mediante los diversos aparatos que taján por choques, aplastamiento o desgaste.

Hasta hace pocos años este era el cemento más utilizado en las aplicaciones de concreto: simple y armado, así como en los trabajos de albañilería. El Clinker está formado principalmente por cuatro compuestos mineralógicos y otros componentes secundarios.

Los principales compuestos del cemento son:

- El silicato tricálcico (C3S)
- El silicato bicálcico (C2S)
- El aluminato tricálcico (C3A)
- El ferro-aluminato tetracálcico (C4AF)

Normalmente el clinker contiene entre 70 y 75% de silicato tricálcico y silicato bicálcico, entre 7 y 15% del Aluminato tricálcico y el resto lo conforma el ferro-aluminato tricálcico y los compuestos secundarios como el óxido de magnesio (MgO) y el trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>). La proporción en que estos compuestos se presentan en el clinker, depende de la cantidad en que estén presentes en la materia prima, los elementos minerales que los conforman, es decir: CALCIO, SILICIO, ALUMINIO y FIERRO. (Manual Digital Cementos Yura, [www.yura.com.pe](http://www.yura.com.pe))

### **1.8.9 CLASIFICACIÓN DE LOS CEMENTOS**

Según la norma ASTM C-150, los cementos Portland se clasifican en cinco tipos:

- Tipo I – Cemento Portland común, apto para toda obra que no requiera cementos con requisitos especiales.
- Tipo II – Cemento Portland de moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos, con un contenido máximo de 8% de C3A.
- Tipo III – Cemento Portland de alta resistencia inicial.
- Tipo IV – Cemento Portland de bajo calor de hidratación, con contenidos máximos de 35% de C3S y 7% de C3A.
- Tipo V – Cemento Portland resistente a los sulfatos, con un contenido máximo de 5% de C3A y la suma de C4AF + 2C3A, menor o igual a 20%.

### **1.8.10 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS CEMENTOS**

Muy a pesar de que la cantidad de cemento en la mezcla de concreto permeable representa entre 6 y 15 %, sus características son muy influyentes en el comportamiento del cemento en términos de trabajabilidad y resistencia. Dos de las propiedades físicas más importantes del cemento son las siguientes:

#### **1.8.10.1 Finura:**

Esta propiedad tiene mucho que ver con el calor de hidratación, en la obtención de resistencia y en la trabajabilidad del concreto. Los cementos más finos reaccionan de manera casi instantánea con el agua, y al mismo tiempo entregan buenas resistencias a edades tempranas.

#### **1.8.10.2 Hidratación:**

Es el fenómeno que se obtiene al momento de la combinación entre el agua y los componentes del cemento. Algunos de los factores importantes en la reacción entre el agua y el cemento son la cantidad de clinker y yeso; así como la finura y temperatura.

### 1.8.10.3 Agregados

El agregado grueso de canto rodado o los producidos en plantas chancadoras han sido usados para fabricar concreto permeable. No obstante, estos agregados deben satisfacer los requerimientos del ASTM D448 y C33.

El tamaño de agregado se regirá básicamente en función al grado de acabado que queremos obtener en cualquier superficie. Comúnmente se usan agregados de tamaño 67 (1/2" y 3/8") y los de 89 (3/8" y N° 50), clasificados según la norma ASTM C33.

En la figura 5 se puede observar la diferencia estética que existe en los tamaños de agregados utilizados para la aplicación de concreto permeable



*Ilustración 5: El concreto de la caja es de 1/4" (6.5mm)*

*Fuente: Pervious concrete pavements (Paul D. Tennis)*

### 1.8.10.4 Agua

Relaciones de a/c entre 0.27 a 0.30 se utilizan habitualmente con el uso adecuado de aditivos químicos. La relación entre la resistencia y la relación de a/c no es clara para el concreto permeable porque a diferencia del concreto convencional, el contenido total de la pasta es menor que la cantidad de vacíos entre los agregados.

La cantidad de agua debe ser estrictamente controlada. En la figura 6, se puede apreciar la diferencia del mortero cuando se utiliza diferentes cantidades de agua lo cual hace que la mezcla tenga diferente comportamiento ya sea en estado fresco y endurecido.





*Ilustración 6: Muestras de concreto permeable con diferentes contenidos de agua: (a) falta de agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) mucha agua*

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

La calidad del agua se discute en ACI 301. Como regla general, el agua potable es adecuada para su uso en concreto. El agua reciclada de las operaciones de producción de concreto puede ser usada también, si se ajusta a las disposiciones de la norma ASTM C 94 o AASHTO M 157. Si hay una pregunta en cuanto a la idoneidad de una fuente de agua, se recomienda procesamiento por lotes de prueba con los materiales de trabajo. (Tennis et al., 2004)

#### **1.8.10.5 Aditivos**

Los aditivos químicos se usan en el concreto poroso para lograr propiedades mejoradas, así como se logran en el concreto tradicional. Debido al corto tiempo de fraguado del concreto permeable, los aditivos retardadores o súper plastificantes son ideales e incluso de uso común. Se sabe que el concreto permeable no podría ser usado en climas con frío extremo debido a la posible congelación de agua en su interior, sin embargo, los aditivos incorporadores de aire se utilizan para contrarrestar fenómenos de hielo y deshielo. También cabe resaltar que el ASTM clasifica los aditivos, tal cual se presenta en la tabla 1.

<b>ADITIVO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
ASTMC 260	Incorporador de aire. Se agregan al concreto durante su elaboración, con el fin de incorporar el aire en él, mejorando su trabajabilidad y disminuyendo la segregación y el sangrado
ASMTC 1017	Fluidificante. Proporcionan incremento en el revenimiento para producir un concreto fluido sin que este pierda su cohesión ni retrase su tiempo de fraguado.
ASTMC 494	TIPO A. Aditivos reductores de agua: Se utilizan para disminuir la cantidad de agua de la mezcla

	<p>incrementando así la resistencia del concreto, sin afectar su trabajabilidad.</p> <p>TIPO B. Aditivos retardantes: Se utilizan para retardar el fraguado del concreto aumentando así el tiempo de manejo antes de su colocación</p> <p>TIPO C. Aditivos acelerantes: Se utilizan para acelerar el fraguado del concreto obteniendo la resistencia esperada a corta edad.</p> <p>TIPO D. Aditivos reductores de agua y retardantes: Producen los efectos del aditivo TIPO A y TIPO B.</p> <p>TIPO E. Aditivos reductores de agua y acelerantes: Producen los efectos del aditivo TIPO y TIPO C.</p> <p>TIPO F. Aditivos reductores de agua en alto rango: Proporcionan una reducción de agua mayor de la que producen los aditivos reductores de agua.</p> <p>TIPO G. Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes: Proporcionan una reducción mayor de agua que los aditivos reductores de agua y se combinan con los efectos de los retardantes de fraguado.</p>
--	---

*Tabla 1: Clasificación de aditivos para el concreto permeable*

### **1.8.11 DISEÑO DE MEZCLA**

Se tratan todos los pasos del procedimiento de diseño de mezcla de concreto permeable, desde la selección de marcas y/o procedencias de los agregados, la caracterización de los mismos y el diseño en sí.

#### **1.8.11.1 MATERIALES**

Los materiales del concreto permeable son los mismos usados en un concreto tradicional. La única variación es la dosificación en la mezcla. En el caso específico del agregado fino puede variar de 0 a 10% de presencia en la mezcla; sin embargo, para nuestra investigación no se utiliza agregado fino.

### 1.8.11.2 CEMENTO

El proceso de diseño se realiza con los cementos Portland Tipo 1. Se hace uso de distintas marcas y tipos para evaluar posibles mejoras; tale como la marca PACASMAYO (Ver ilustración 7).



*Ilustración 7: Marca y tipo de cemento a usar durante la experimentación.*

### 1.8.11.3 AGREGADO GRUESO

El agregado grueso es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y queda retenido en el tamiz N° 4 ( 4. 76 mm). (Lezama 1996)

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Polanco 2012).

#### **1.8.11.4 AGREGADO FINO**

Proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, estos agregados deben pasar por el tamiz 3/8" y quedar retenidos en la malla N° 200 (Lezama 1996).

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Polanco 2012).

El concreto permeable no contiene agregado fino, o tal vez muy poco; y el agregado grueso utilizado debe ser de tamaño uniforme. Comúnmente las granulometrías de agregado grueso utilizadas deben de cumplir con la norma ASTM C33, estas son: No. 67(3/4" a No. 4), No. 8 (3/8" a No. 16), o No. 89 (3/8" a No. SO). La norma ASTM D448 también puede ser usada para definir las granulometrías. (Pérez 2009).

#### **1.8.11.5 ADITIVOS**

Material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos son utilizados como componentes del concreto o mortero a fin de modificar una o varias propiedades con el objetivo que sea adecuado al trabajo realizado, facilitar su colocación y reducir costos de operación. (ASTM C494).

Los aditivos son usados en concretos permeables para obtener propiedades especiales, como en el concreto convencional. Los aditivos deben de satisfacer los requisitos de la ASTM C494. Los aditivos reductores de agua (de mediano a alto rango) se usan dependiendo de la relación ale. Los aditivos retardadores se usan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Con frecuencia se prefieren los aditivos retardadores cuando se está tratando con mezclas rígidas, tales como

concreto permeable, especialmente en aplicaciones en clima cálido. Los aditivos retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a descargar el concreto desde una mezcladora, y pueden mejorar el manejo y las características de desempeño en el Jugar. Los aceleradores pueden utilizarse cuando se están colocando concretos permeables en clima frío. Los aditivos inclusores de aire no se han usado comúnmente en concreto permeables, pero pueden utilizarse en ambientes susceptibles de congelación y deshielo. Sin embargo, no existe un método confiable para cuantificar el volumen de aire incluido en estos materiales. (Pérez 2009).

## **1.9 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS**

### **1.9.1 CONCRETO PERMEABLE**

El concreto permeable es un tipo de concrete 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.

### **1.9.2 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.

### **1.9.3 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.

### **1.9.4 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.

### **1.9.5 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.

#### **1.9.6 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.

#### **1.9.7 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.

#### **1.9.8 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.

#### **1.9.9 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.

## **1.10 HIPÓTESIS:**

### **1.10.1 HIPÓTESIS GENERAL:**

La Propuesta de innovación metodológica tiene una relación significativa con el diseño de concretos permeables en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

### **1.10.2 HIPÓTESIS NULA:**

La Propuesta de innovación metodológica no tiene una relación significativa con el diseño de concretos permeables en el distrito de Tarapoto, provincia y departamento de San Martín.

## **1.11 VARIABLES:**

### **1.11.1 *Variable Independiente***

Innovación Metodológica

### **1.11.2 *Variable Dependiente***

Diseño de concretos permeables



## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **2.1.1. MATERIALES**

- Piedra chancada de 3/8" de la cantera BARTHE del río Huallaga
- Cemento Pacasmayo Portland tipo I
- Agua potable
- Aditivo Chematard 400

#### **2.1.2. EQUIPOS**

- Tamiz: 3/8"
- Tamizador marca HUMBOLDT
- Balanza electrónica digital.
- Canastilla.
- Horno eléctrico marca ECOCELL
- Taras de todos los tamaños.
- Mezcladora de concreto, marca BAUKER, modelo XH-PCM210
- Moldes estándar de acero galvanizado para el moldeo de probetas.
- Martillo o Pisón del Proctor.
- Máquina automática para pruebas de compresión de 200 KN, ASTM C-39, 220-240V 50-60Hz.
- Marco para gravedad específica marca UTEST.
- Cubeta de aluminio para determinación de masa unitaria.
- Permeámetro.

### **2.2. MÉTODOS**

#### **2.2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

##### **2.2.1.1 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.

### **2.2.1.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño de esta investigación es experimental, pues para determinar las características físicas y mecánicas del agregado y concreto permeable, se realizarán ensayos de laboratorio.

### **2.2.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **2.2.2.1 POBLACIÓN:**

Calles del distrito de Tarapoto

#### **2.2.2.2 MUESTRA:**

Jr. Maynas de la ciudad de Tarapoto

### **2.2.3. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

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

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

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

Los ensayos estándar y especiales que se 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.

#### **2.2.3.3 PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Nos basamos en las normas emitidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

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

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

- Elaboración de los ensayos de laboratorio de recolección de datos.
- Validación y confiabilidad de los ensayos de recolección de datos.
- Aplicación de los ensayos de recolección de datos para recoger la información.
- 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.

#### **2.2.5. 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 2: 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>3/8"</i>	
<i>Peso específico de masa</i>	<i>2.66</i>	<i>gr/cm<sup>3</sup></i>
<i>Peso específico saturado super. seco</i>	<i>2.68</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>1689</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Peso unitario compacto</i>	<i>1746</i>	<i>Kg/m<sup>3</sup></i>
<i>Contenido de humedad (%)</i>	<i>0.98</i>	
<i>Absorción (%)</i>	<i>0.71</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 obtenidas del agregado grueso, se encuentran detallados en la tabla N° 2. La cantera BARTHE del río Huallaga 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 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 3: Requerimientos Agregado Grueso*

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

**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  $2.66 \text{ kg/cm}^3$ , se encuentra dentro de los rangos establecidos en la NTP 400.037.
- ✓ La absorción del agregado grueso es de 0.71 %, 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  $1689 \text{ kg/m}^3$  lo cual indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037. (1350-1680)
- ✓ El peso unitario compacto es de  $1746 \text{ kg/m}^3$  lo cual indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037. (1620-2016)

### **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 PERMEABLE

Tabla 4: Resumen de Materiales por cada Diseño de Mezcla

% VACIOS		MATERIAL	CANT.	UND.
15%	SIN ADITIVO	CEMENTO	500.54	kg
		AGREGADO GRUESO	1675.80	kg
		AGUA	177.69	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	500.54	kg
		AGREGADO GRUESO	1675.80	kg
		AGUA	159.29	kg
		ADITIVO	3.30	kg
	20%	SIN ADITIVO	CEMENTO	352.79
AGREGADO GRUESO			1689.10	kg
AGUA			125.24	kg
CON ADITIVO		CEMENTO	352.79	kg
		AGREGADO GRUESO	1689.10	kg
		AGUA	112.72	kg
		ADITIVO	2.326	kg
25%		SIN ADITIVO	CEMENTO	246.03
	AGREGADO GRUESO		1670.48	kg
	AGUA		87.34	kg
	CON ADITIVO	CEMENTO	246.03	kg
		AGREGADO GRUESO	1670.48	kg
		AGUA	78.61	kg
		ADITIVO	1.622	kg
	<b>Diseño Óptimo 24%</b>	SIN ADITIVO	CEMENTO	285.58
AGREGADO GRUESO			1649.2	kg
AGUA			101.38	kg
CON ADITIVO		CEMENTO	285.58	kg
		AGREGADO GRUESO	1649.20	kg
		AGUA	91.24	kg
		ADITIVO	1.882	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 5: 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>	2335.63	2154.61	1995.12	2026.02

*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 2335.63 kg/cm<sup>2</sup> a diferencia de 25% que tiene 1995.12 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 6: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión*

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>							
<b>% VACÍOS</b>	<b>PROBETA</b>	<b>DIAM. (cm)</b>	<b>ALT. (cm)</b>	<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>ESFUERZOS (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>	
<b>15%</b>	1 D/M=C/A3/8 AL 15%	15.00	30.00	176.71	233.59	233.42	Cono y Corte
	2 D/M=C/A3/8 AL 15%	15.00	30.00	176.71	233.21		Cono y Corte
	3 D/M=C/A3/8 AL 15%	15.00	30.00	176.71	233.46		Cono y Corte
<b>20%</b>	4 D/M=C/A3/8 AL 20%	15.00	30.00	176.71	220.58	220.45	Cono y Corte
	5 D/M=C/A3/8 AL 20%	15.00	30.00	176.71	220.53		Cono y Corte
	6 D/M=C/A3/8 AL 20%	15.00	30.00	176.71	220.23		Cono y Corte
<b>25%</b>	7 D/M=C/A3/8 AL 25%	15.00	30.00	176.71	208.57	208.52	Cono y Separación
	8 D/M=C/A3/8 AL 25%	15.00	30.00	176.71	208.46		Cono y Separación
	9 D/M=C/A3/8 AL 25%	15.00	30.00	176.71	208.54		Cono y Separación
<b>Opt. 24%</b>	10 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.45	210.40	Cono y Corte
	11 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.34		Cono y Corte
	12 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	210.40		Cono y Corte

*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 233.42 kg/cm<sup>2</sup>, seguida por la mezcla con 20% de vacíos con una resistencia de 220.45 kg/cm<sup>2</sup>. La proporción con mezcla óptima de 24% de vacíos tuvo una resistencia de 210.40 kg/cm<sup>2</sup> y por último la mezcla con 25% de vacíos con una resistencia de 208.52 kg/cm<sup>2</sup>.

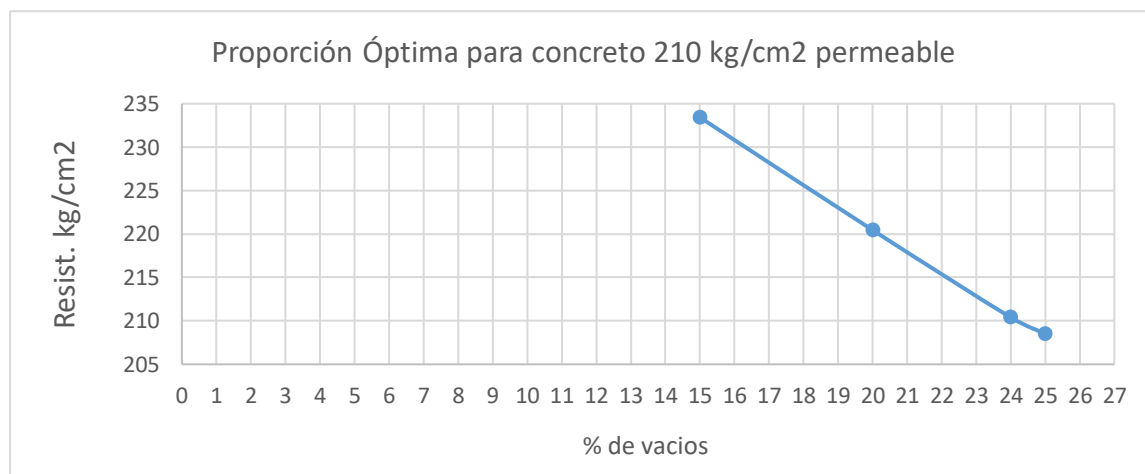
**Tabla 7: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos**

<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>	233.42	220.45	208.52	210.40

*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 presentó la mayor resistencia con 233.42%, como también podemos observar que el diseño óptimo con 24% de vacíos, tiene una resistencia a la compresión de 210.40 kg/cm<sup>2</sup> muy cercana a la resistencia de diseño que es de 210 kg/cm<sup>2</sup>

**Ilustración 8: 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 8: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión*

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN CON CEMENTO PACASMAYO, PROPORCIÓN ÓPTIMA OBTENIDA</b>							
<b>% Vacíos</b>	<b>PROBETA</b>	<b>ALT. (cm)</b>	<b>AREA (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>PESO (kg)</b>	<b>CARGA MAX. (Tn)</b>	<b>ESF.</b>	<b>TIPO DE FALLA</b>
<b>15 %</b>	1 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.799	41.279	233.59	Cono y Corte
	2 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.798	41.211	233.21	Cono y Corte
	3 D/M=C/A3/8 AL 15%	30.00	176.71	8.815	41.256	233.46	Cono y Corte
<b>20 %</b>	4 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.747	38.979	220.58	Cono y Corte
	5 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.699	38.970	220.53	Cono y Corte
	6 D/M=C/A3/8 AL 20%	30.00	176.71	8.797	38.918	220.23	Cono y Corte
<b>25 %</b>	7 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.759	36.857	208.57	Cono y Corte
	8 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.759	36.838	208.46	Cono y Corte
	9 D/M=C/A3/8 AL 25%	30.00	176.71	8.757	36.852	208.54	Cono y Corte
<b>Ópt. 24 %</b>	10 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.713	37.190	210.45	Cono y Corte
	11 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.711	37.170	210.34	Cono y Corte
	12 D/M=C/A3/8 AL 24%	30.00	176.71	8.722	37.180	210.40	Cono y Corte

*Fuente: Elaboración Propia*

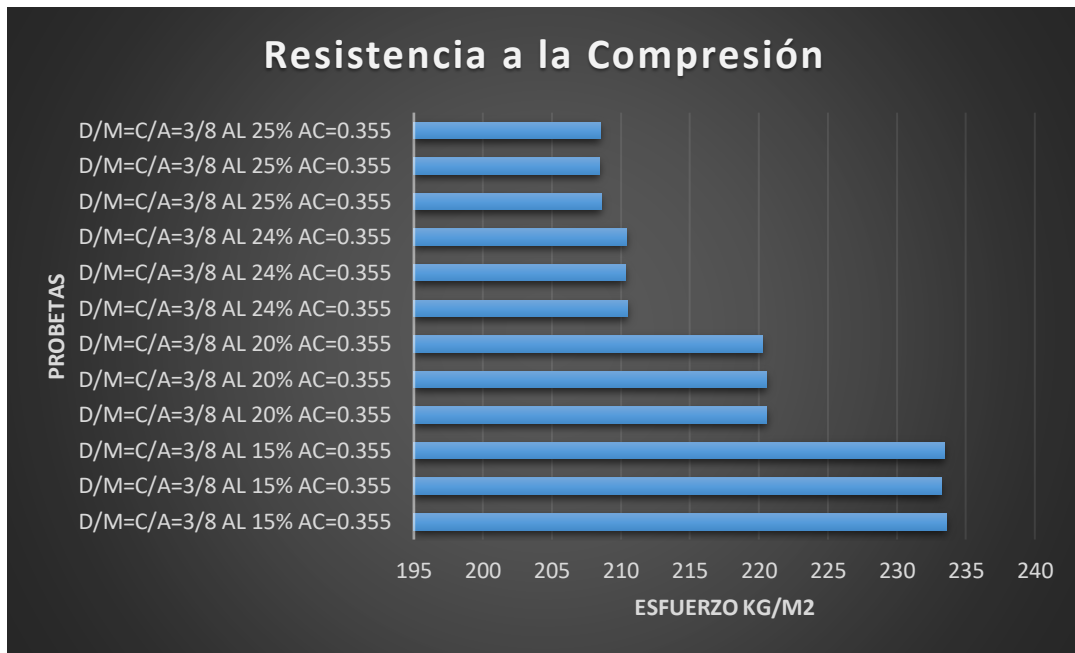
Tabla 9: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes

<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	8.798	41.211	233.21
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.815	41.279	233.59
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.807	41.245	233.40
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.017	0.068	0.38
<b>20 % VACIOS</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.699	38.918	220.23
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.796	38.979	220.58
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.748	38.949	220.41
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.097	0.061	0.35
<b>25 % VACIOS</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.756	36.838	208.46
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.759	36.857	208.57
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.758	36.848	208.52
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.003	0.019	0.11
<b>24 % VACÍOS (Óptimo)</b>					
<b>Valor Mín.</b>	30.00	176.71	8.711	37.170	210.34
<b>Valor Máx.</b>	30.00	176.71	8.722	37.190	210.45
<b>Valor Prom.</b>	30.00	176.71	8.717	37.180	210.40
<b>Variación</b>	0.00	0.00	0.011	0.020	0.11

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 9: Grafico Barras Resistencia a la Compresión*



*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla 10: 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/cm2)	233.40	220.41	208.52	210.40

*Fuente: Elaboración Propia*

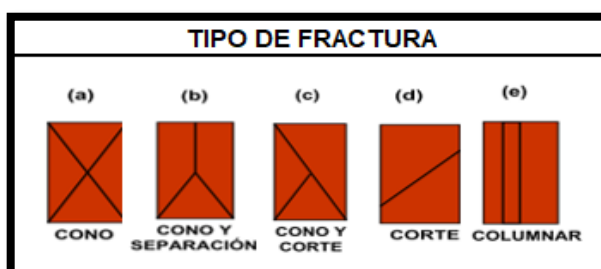
Estos resultados son el promedio del valor máximo y mínimo de resistencias a la compresión de los concretos diseñados para una resistencia a la compresión específica de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

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 24.88 kg/cm<sup>2</sup>. Mientras que la mezcla con diseño Optimo de 24% de vacíos obtuvo una resistencia de 210.40 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 fueron típicos en los especímenes de 28 días, en la mezcla con 15%, 20%, 25% y óptimo 24%. Presentando el tipo de fractura B y C, el cual tiene fisuras en forma de cono bien formado en un extremo, fisuras verticales inclinadas a través de los cabezales.

*Ilustración 10: Tipos de Fracturas*



*FUENTE: Elaboración Propia*

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

*Tabla 11: Análisis de Costos de Materiales por m3 para cada Mezcla*

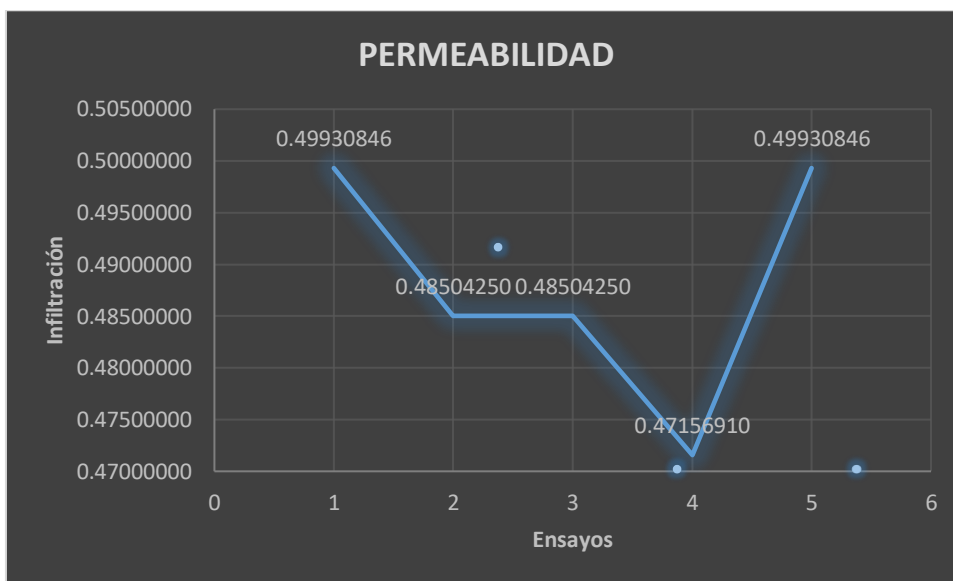
<b>ANÁLISIS DE COSTOS DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA</b>						
	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>P.U.</b>	<b>PARC.</b>	<b>TOTAL</b>
<b>15% VACIOS</b>	CEMENTO	Kg	500.54	0.49	245.26	S/ 353.10
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.160	3.66	0.59	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.630	75.00	47.25	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.003	20000.00	60.00	
<b>20% VACIOS</b>	CEMENTO	kg	352.79	0.49	172.87	S/ 260.91
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.113	3.66	0.41	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.635	75.00	47.63	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.002	20000.00	40.00	
<b>25% VACIOS</b>	CEMENTO	kg	246.03	0.49	120.55	S/ 187.94
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.079	3.66	0.29	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.628	75.00	47.1	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.001	20000.00	20.00	
<b>24% Óptimo</b>	CEMENTO	kg	285.58	0.49	139.93	S/ 226.76
	AGUA	m <sup>3</sup>	0.091	3.66	0.33	
	AGR. GRUESO	m <sup>3</sup>	0.620	75.0	46.50	
	ADITIVO	m <sup>3</sup>	0.002	20000.00	40.00	

*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/ 353.51 y S/ 226.76 respectivamente, en comparación con las mezclas de 20% y 25% que tienen un valor de S/. 260.91 y S/. 187.94.

### 3.7. ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD

*Ilustración 11: Diagrama lineal de Permeabilidad*



*Fuente: Elaboración Propia*

En el grafico 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 0.488 cm/s, el cual está dentro del rango de concreto permeable que esta entre 0.2 a 0.54 cm/s.

## 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 233.40 kg/cm<sup>2</sup>, 220.41 kg/cm<sup>2</sup>, 210.40 kg/cm<sup>2</sup> y 208.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Analizando estos 4 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 0.40 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 comparándolo 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 0.488 cm/s, valor que se encuentra muy cercano al límite superior del rango para concretos permeables el cual es 0.54 cm/s.
- De acuerdo al análisis realizado sobre la influencia de la precipitación en el diseño del concreto permeable, concluimos que este influye en la elección del porcentaje de vacíos que tendrá el concreto permeable, ya que mientras más alto porcentaje de vacíos tenga el concreto, mayor será su capacidad de evacuar el agua, esto sin descuidar la resistencia. Siendo necesario el cálculo de los porcentajes de vacíos óptimo, donde haya mayor infiltración y una resistencia adecuada.
- Así mismo concluimos que la permeabilidad y el diseño de un concreto permeable está influenciada por el coeficiente de infiltración, es decir mientras



mayor sea la necesidad de infiltración el porcentaje de vacíos en el concreto deberá ser mayor.

#### **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.

## CAPITULO V: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Concrete Institute (ACI). (2002). ACI 211.3R-02. Guide for Selecting Proportions for No-Slump Concrete.

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

Aire, C., Calderón, Y., Charca, J., Yanqui, C. (2013). Estudio del comportamiento frente a la colmatación de concreto poroso fabricado con áridos naturales y reciclados. *Concreto Sustentable*, (20), 45-58.

Cabello, S., Zapata, P., Pardo, A., Campuzano, L., Espinoza, J., y Sánchez, C., (2015) Concreto poroso: Constitución, Variables influyentes y Protocolos para su caracterización. *CUMBRES, Revista Científica*. 1 (1), 64 – 69.

Castro, J., De Solminihac, H., Videla, C. y Fernández, B. (2009). Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. *Revista Ingeniería de Construcción*, (25), 271-284.

Castañeda, L. F., Moujir, Y. F. (2014). *Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos*. (Tesis de bachiller, Pontificia Universidad Javeriana de Cali, Facultad de Ingeniería. Cali, Colombia).

Carranza Freddy Yan (2017). Incidencias de las catástrofes en el Perú, [www.indeci.gob.pe](http://www.indeci.gob.pe). Deo, O., Neithalath, N. (2010). Compressive behavior of pervious concretes and a quantification of the influence of random pore structure features. *Materials Science and Engineering*, (528), 402-412

Fernández, R., Navas, A. (2011). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. *Infraestructura Vial*, (24), 40-49.

Garrido, J. (01 de marzo de 2016). Piura y Tumbes: proyectos para drenaje pluvial no avanzan. *El comercio*, pp. 1.

Ore, H., Portillo, M. (2019). Propuesta de diseño de mezcla para un concreto permeable de  $FC=175\text{kg/cm}^2$  en veredas. (Tesis de bachiller, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú).

Porras, J. (2017). Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. (Proyecto final de graduación para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico De Costa Rica).