

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 DISTRITO DE LA BANDA DE
SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN
MARTÍN”**

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

ASESOR:

M.Sc. Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta

AUTOR:

**PANDURO SABOYA, Segundo Javier
SINTI RÍOS, Rafael Bristol**

**TARAPOTO – PERÚ
2021**

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:

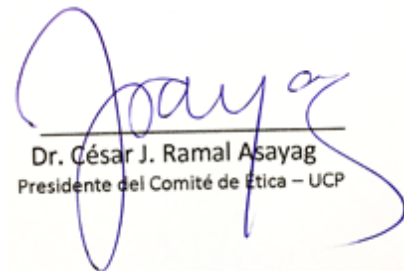
La Tesis titulada:

“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN”

De los alumnos: **PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER Y SINTI RÍOS RAFAEL BRISTOL**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **14% de plagio**.

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

San Juan, 09 de Noviembre del 2021.



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

CJRA/ri-a
446-2021

Document Information

Analyzed document	UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_SEGUNDOPANDURO_RAFAELSINTI_V1.pdf (D118005931)
Submitted	2021-11-09 17:40:00
Submitted by	Comisión Antiplagio
Submitter email	revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Similarity	14%
Analysis address	revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	12 REYES ANDRADE JUAN DIEGO.docx Document 12 REYES ANDRADE JUAN DIEGO.docx (D110408623)		1
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_ROSSANAPRADO_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍA_2021_TESIS_ROSSANAPRADO_V1.pdf (D108181258) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com		2
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_DARLINSAAVEDRA_JAVIERPAZ_V1.pdf Document UCP_INGENIERÍACIVIL_2021_TESIS_DARLINSAAVEDRA_JAVIERPAZ_V1.pdf (D93542473) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com		7
SA	Universidad Científica del Perú / UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_LISBETH SOTO_GENITH SOPAN_V1.pdf Document UCP_INGENIERIA CIVIL_2020_TESIS_LISBETH SOTO_GENITH SOPAN_V1.pdf (D75624869) Submitted by: revision.antiplagio@ucp.edu.pe Receiver: revision.antiplagio.ucp@analysis.orkund.com		12
SA	EF_REVISION SISTEMATICA_ TALLER TESIS.docx Document EF_REVISION SISTEMATICA_ TALLER TESIS.docx (D110467975)		1

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal **N° 729-2021-UCP-FCEI** del 22 de octubre del 2021, 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. Luis Armando Cuzco Trigozo, M.Sc. | Miembro |
| • Ing. Isaac Duhamel Castillo Chalco. | Miembro |

Como Asesor: **Ing. Víctor Eduardo Samamé Zatta, M. Sc.**

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 16:00 horas del día 15 de diciembre 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 DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN ”.**

Presentado por los sustentantes:

SEGUNDO JAVIER PANDURO SABOYA y RAFAEL BRISTOL SINTI RÍOS

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 LA NOTA DE QUINCE (15).**

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



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto público el día 15 de diciembre del 2021 a las 04.00 p.m.



M.Sc. Ing. CALEB RÍOS VARGAS
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Ing. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. ISAAC DUHAMEL CASTILLO CHALCO
MIEMBRO DEL JURADO



M.Sc. Ing. VICTOR EDUARDO SAMAMÉ ZATTA
ASESOR

ÍNDICE

APROBACIÓN	2
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	v
CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes	3
1.3 Título	4
1.4 Área y Línea de Investigación	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	5
2.1.1. Internacionales:	5
2.1.2. Nacionales:	7
2.1.3. Locales	10
2.2 Bases Teóricas	11
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	41
CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	44
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	44
3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	46
Problema general	46
Problemas específicos.....	46
3.3 OBJETIVOS	46
3.3.1 Objetivo General.....	46
3.3.2 Objetivos específicos	46
3.4 HIPÓTESIS	47
3.4.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	47
3.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:.....	47
3.5 VARIABLES:	47
CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	48
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	48
4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	48

4.3.1	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
4.3.2	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	48
4.3.3	PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS.	50
4.3.4	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	50
CAPÍTULO V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		51
5.1	CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES.....	51
5.1.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	51
5.2	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LAS MEZCLAS.....	53
5.2.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PARA LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS, PARA 1M ³ DE CONCRETO IMPERMEABLE.....	54
5.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS.....	55
5.4	ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	55
5.5	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN	55
5.6	TIPO DE FRACTURA.....	60
5.7	ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA.....	61
5.8	ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD	62
5.9	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	62
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		63
6.1	CONCLUSIONES	63
6.2	RECOMENDACIONES	64
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		65
CAPÍTULO VIII: ANEXOS		67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Concreto Permeable	12
Ilustración 2: Concretos permeables con diferentes contenidos de agua, formados en una pelota: (a) muy poca agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) Mucha agua.	21
Ilustración 3: a) asfalto normal y poroso, b) concreto poroso	25
Ilustración 4: a) Disposición típica de un sistema de pavimento permeable, ...	25
Ilustración 5: Estructuras modulares con bloques a) juntas, b) aperturas.	26
Ilustración 6: Estructura del pavimento permeable de infiltración total.	27
Ilustración 7: Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial.	27
Ilustración 8: Estructura del pavimento permeable de infiltración nula	27
Ilustración 9: Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Contenido de Vacíos	33
Ilustración 10: Relación entre la resistencia a la flexión y el contenido de vacíos	34
Ilustración 11: Relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión	35
Ilustración 12: Relación entre el grado de infiltración y el contenido de vacíos	35
Ilustración 13: Influencia del tamaño del agregado grueso en el tamaño del poro en las mezclas de concreto permeable de un solo tamaño de agregado	37
Ilustración 14: Relación entre el contenido de vacíos y la relación w/c	38
Ilustración 15: Influencia del uso de agregado fino en la resistencia a la flexión..	39
Ilustración 16: Representación esquemática de la granulometría de los agregados en un ensamble de agregados: (a) tamaño uniforme, (b) granulometría continua, (c) reemplazo de partículas pequeñas por partículas grandes, (d) granulometría discontinua, (e) granulometría	39
Ilustración 17: Imagen Satelital Ubicación Jirón San Martin	49
Ilustración 18: Proporción Óptima para Concreto 210 kg/cm ² permeable	57
Ilustración 19: Grafico Barras Resistencia a la Compresión	60
Ilustración 20: Tipos de Fracturas	61
Ilustración 21: Diagrama de Barras Permeabilidad	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características Físicas de los Agregados	51
Tabla 2: Requerimientos Agregado Grueso	52
Tabla 3: Resumen de Materiales por cada Diseño de Mezcla	54
Tabla 4: Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco	55
Tabla 5: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión	56
Tabla 6: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos....	56
Tabla 7: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión	58
Tabla 8: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes	59
Tabla 9: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos....	60
Tabla 10: Análisis de Costos de Materiales por m ³ para cada Mezcla	61

ANEXOS

ANEXO 1: Características Físicas Mecánicas Agregado Grueso	68
ANEXO 2: Diseño de Mezclas Concreto Permeable 15% Vacíos	69
ANEXO 3: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 20% Vacíos	72
ANEXO 4: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 24% Vacíos	75
ANEXO 5: Diseño de Mezcla Concreto Permeable 25% Vacíos	78
ANEXO 6: Secuencia de Diseño $f'c=210$ kg/cm ² con el óptimo R A/C	81
ANEXO 7: Dosificación y elaboración de probetas de concreto	83
ANEXO 8: Calculo de rotura de espécimen de concreto	84
ANEXO 9: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días (15%,20% y 25%)	85
ANEXO 10: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días (15%, 20% y 25%)	86
ANEXO 11: Pruebas de Resistencia la Compresión 28 días (15%, 20% y 25%)	87
ANEXO 12: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días para 24% Vacíos	88
ANEXO 13: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días para 24% Vacíos	89
ANEXO 14: Pruebas de Resistencia la Compresión 28días para 24% Vacíos	90
ANEXO 15: Determinación del Coeficiente de Permeabilidad	91

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de perseverancia y lucha constante en esta vida.
A mis hermanos, que con sus palabras me motivaron a seguir adelante para culminar mi objetivo trazado.

A mi esposa que me dio la dicha de ser padre de tres hermosos niños y conformar una hermosa familia.

A mis hijos, Said, Annie y Nahomi que son mi motivación e inspiración para poder superarme día a día para brindarles un mejor porvenir.

Rafael Bristol Sinti Ríos

Dedico este trabajo al padre celestial, por darme la vida y guiarme incondicionalmente y permitir llegar hasta este momento de mi formación profesional. A mi esposa por el apoyo incondicional que me brindo.

A mis padres por el apoyo moral y no dejar que nunca me rinda durante este proceso.

Segundo Javier Panduro Saboya

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta estupenda etapa de mi vida. Quiero extender un profundo agradecimiento a quienes me brindaron su apoyo para hacer realidad mi objetivo trazado, aquellos que en todo momento fueron mi inspiración, apoyo y fortaleza para salir adelante. Esta mención es en especial para mis padres, hermanos, esposa y mis hijos. Muchas gracias a todos ustedes por darme su apoyo constante y verdadero.

Rafael Bristol Sinti Ríos

Agradezco a Dios por la vida y la salud, y a los maestros por la motivación y a la enseñanza que me dieron durante la formación profesional, a mi familia por el apoyo que me dejaron mucha alegría durante la carrera universitaria y todo esto llevo un aprecio especial que jamás olvidare.

Segundo Javier Panduro Saboya

RESUMEN

Perú, en los últimos años presenta diversos problemas por la falta de evacuación de aguas pluviales, esto se asocia con el crecimiento poblacional, puesto que la zona urbanizada al incrementar su tamaño produce una necesidad de contar cada vez con mejores infraestructuras y fundamentalmente con pavimentos para el buen tránsito.

En la actualidad, se necesitan construcciones innovadoras para disminuir los problemas causados por las fuertes precipitaciones pluviales o el déficit que existe en la captación de aguas.

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, también busca determinar si realizando un correcto diseño de mezcla de Concreto Permeable, que cumpla con propiedades mecánicas adecuadas puede ser utilizado como capa de rodadura en pavimentos rígidos, y de esta manera tener un óptimo sistema de drenaje en las calles del distrito de La Banda de Shilcayo.

Las intensas precipitaciones que se han presentado en los últimos años en el distrito de La Banda de Shilcayo y un sistema de drenaje en muy mal estado, provoca un incremento en el caudal de agua que además de saturar los alcantarillados pluviales, convierte las calles de nuestro distrito en verdaderos ríos. Impedir que las aguas pluviales se acumulen en gran cantidad sobre la capa de rodadura de los pavimentos rígidos es posible, haciendo uso de una capa constituida por Concreto Permeable.

Tuvo como objetivo general, mejorar el sistema de drenaje pluvial de las calles del distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín, mediante la propuesta de diseño de concreto permeable, permitiendo que el concreto drenante se desempeñe sin ningún inconveniente como para pavimentos y sistemas de drenajes pluviales.

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/cm². Mientras que la mezcla con diseño Optimo de 24% de vacíos obtuvo una resistencia de 210.15 kg/cm², 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 está entre 0.2 a 0.54 cm/s.

Palabras claves: Concreto permeable, Permeabilidad, Resistencia a la compresión, Módulo de rotura e infiltración.

ABSTRACT

Peru, in recent years has presented various problems due to the lack of rainwater evacuation, this is associated with population growth, since the urbanized area, as its size increases, produces a need for increasingly better infrastructures and fundamentally with pavements to good traffic.

At present, innovative constructions are needed to reduce the problems caused by heavy rainfall or the deficit that exists in water catchment.

The purpose of this research was to determine a type of permeable concrete, capable of infiltrating rainwater and diverting it to natural or artificial drains and solving the problem of watering in rainy areas and with flat topography, it also seeks to determine whether by carrying out a correct design of Permeable Concrete mix that meets adequate mechanical properties can be used as a rolling layer in rigid pavements, and thus have an optimal drainage system in the streets of the district of La Banda de Shilcayo.

The intense rainfall that has occurred in recent years in the district of La Banda de Shilcayo and a drainage system in very poor condition, causes an increase in the flow of water that, in addition to saturating the storm sewers, converts the streets of our district in real rivers. Preventing rainwater from accumulating in large quantities on the tread layer of rigid pavements is possible, making use of a layer made of Permeable Concrete.

Its general objective was to improve the storm drainage system of the streets of the district of La Banda de Shilcayo, province and department of San Martín, through the proposal of permeable concrete design, allowing the draining concrete to perform without any inconvenience to pavements and storm drainage systems.

The following conclusions were reached: It was evidenced that the mixture with 15% voids had the highest resistance, and the mixture with 25% voids had the least resistance, having a difference of 24.93 kg / cm² between the two. While the mixture with Optimum design of 24% voids obtained a resistance of 210.15 kg / cm², a value very close to the design resistance.

In the permeability test, for the design of an optimal mixture of 24% voids, practically uniform results are obtained, in addition, 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.

Keywords: Permeable concrete, Permeability, Compressive strength, Modulus of rupture and infiltration.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción

En este capítulo, se muestra la importancia de la implementación del concreto drenante como carpeta de rodadura, con el fin de generar un impacto positivo en la sociedad y medio ambiente, ya que el Perú, durante muchos años, se ha visto afectado por lluvias de gran intensidad.

Diferentes estudios sostienen que las ciudades son las principales causantes del cambio climático a nivel mundial (Del Valle, 2014; Fernández, 2007). Además, los efectos de este cambio han incrementado la intensidad de los fenómenos naturales de tal manera que provocan descensos o incrementos drásticos de la temperatura prolongando el tiempo de sequías o intensificando las lluvias (MVCS, 2015). Por lo tanto, existe la necesidad de poseer herramientas que permitan mantener los centros urbanos a salvo frente a los cambios bruscos en el clima.

Dentro de las infraestructuras más afectadas, se encuentran los pavimentos de carretera urbana, puesto que son de vital importancia para la comunicación entre poblaciones. Por ello, existe la necesidad de contar con soluciones innovadoras en las construcciones y diseños de pavimentos con la finalidad de disminuir riesgos de colapsos, causados muchas veces por la falta de sistemas de drenaje, ya que las vías convencionales alteran el balance del ciclo hidrológico, debido a la falta de captación de agua. Asimismo, las precipitaciones de las aguas generan escorrentías superficiales llegando a producir en el peor de los casos inundaciones.

Debido a estos acontecimientos, en el rubro construcción se viene innovando la implementación de pavimentos drenante para optimizar la captación y reciclaje del recurso más importante para la vida, el agua; siendo este un recurso fundamental para el desarrollo humano.

La implementación del pavimento de concreto drenante tiene como finalidad mitigar el impacto de las escorrentías superficiales en las vías. Se debe tener en cuenta que, si no brindamos una solución eficaz a este problema, las zonas urbanas se

verán afectadas por inundaciones, encharcamientos y por consecuencia, desgaste en los pavimentos, afectando el tránsito peatonal y vehicular.

Esta investigación describe algunos antecedentes sobre las consecuencias de las inundaciones por falta de captación de aguas de lluvias y la importancia del pavimento drenante. Se plantea la problemática del presente estudio y se trabaja sobre la base de los objetivos.

La teoría es parte fundamental para abordar conceptos relacionados al pavimento drenante, pero la parte modular de este trabajo está en la propuesta de diseño de mezcla del concreto drenante como capa de rodadura, donde se establecen los parámetros a seguir para el desarrollo, construcción y mantenimiento del pavimento drenante.

En este contexto, el siguiente Proyecto de Investigación pretende proporcionar una alternativa de solución para el control de aguas pluviales a través del uso de Concreto Permeable aplicado en pavimentos.

El Concreto Permeable al utilizarse en pavimentos rígidos tiene por finalidad infiltrar el agua a través de sus poros lo que permitirá tener un mejor control y evacuación del agua proveniente de las lluvias, ya que se tendría un óptimo sistema de drenaje.

El concreto permeable a diferencia del concreto convencional no sufre los efectos de la intemperie y esto impide la formación de baches, además brinda una mayor tracción inclusive bajo la más intensa lluvia. La presente Tesis se desarrollará bajo la Línea de investigación de Diseño de Infraestructura Vial, ya que se procederá a seguir técnicas, evaluaciones y normas aplicadas en un pavimento convencional.

1.2 Antecedentes

El concreto permeable ha sido usado en la construcción de edificios desde mediados del siglo XIX debido a su bajo costo (ACI 522R-10, 2010). En 1945-1950 comenzaron los primeros experimentos al concreto poroso como capa de rodadura en la construcción de vías terrestres. Años más tarde estos estudios se detuvieron; ya que, este tipo de capa de rodadura, contradecía los principios de rigidez y homogeneidad que condicionaba los concretos convencionales en pavimentos.

En los setentas, se revitalizó el interés en el uso de este tipo de pavimentos, con el objetivo de proporcionar mayor seguridad al usuario y dar una fluidez al tránsito en distintas condiciones meteorológicas. Además, se le consideró como “reservorios de retención” de agua para solucionar los problemas inherentes al rápido crecimiento de las pavimentaciones suburbanas y a la deficiencia del alcantarillado existente.

Para el año 2002, la investigación del concreto permeable, se resumía en estudios independientes de universidades e instituciones privadas, pero aún no existía un procedimiento estándar unificado de criterios de diseño y una metodología de ensayos. Recién en ese año, el ACI 522R-02 publicó un reporte sobre su aplicación, diseño, propiedades, métodos de construcción, ensayos e inspección.

En el 2009, el subcomité ASTM C09.49 publica los procedimientos de ensayos de compresión, flexión, peso unitario/contenido de vacíos e infiltración del concreto poroso.

Las primeras experiencias con pavimentos drenantes se realizaron en EE. UU., Suecia y Japón desde los años setenta, conforme ha pasado el tiempo Francia, España y Alemania, implementaron este innovador diseño en su infraestructura, donde se cuenta con millones de m² de pavimento drenante. EE. UU. utilizó este tipo de infraestructura para el manejo de aguas de lluvias y Europa para mejorar la resistencia al deslizamiento y reducir el ruido del tráfico (Marlon E., 2012).

Además, la aplicación del pavimento drenante es reconocida por la Agencia Americana de Protección al Medio Ambiente como Mejor Práctica de Manejo

(BMP), puesto que reduce la polución que entran a los ríos; filtrando de manera natural el agua de las lluvias. El Instituto Americano del Concreto (ACI) dentro de sus comités ACI 522R-06 “Pervious Concrete” y ACI 522R-10 “Report on Pervious Concrete”, estudia al concreto drenante, sus aplicaciones, materiales, propiedades, proporciones de mezcla, proceso constructivo y control de calidad de estos. Considerando los daños ocasionados por la falta de captación de agua de lluvia en los pavimentos, se propone la utilización del concreto drenante en el norte del Perú, como solución a este inconveniente y que además contribuirá en la conservación de las vías urbanas, debido a que estas ocupan un porcentaje muy bajo o casi nulo en comparación al concreto convencional. Se espera que, con esta investigación, se pueda mejorar la implementación del concreto drenante como solución para la captación de aguas de lluvias.

A pesar de dichos estudios, los pavimentos porosos no se han implementado en el país y los resultados mencionados anteriormente no han sido usados para implementar técnicas constructivas para este material. Por lo tanto, su diseño e instalación no representa una alternativa normada en la ingeniería peruana. Lo anterior puede deberse a que no existe aún en nuestro medio un documento en español que reúna los procesos de diseño, construcción y mantenimiento del concreto permeable que pueda ser usado en las principales ciudades del país, y que tenga en cuenta los resultados obtenidos sobre aspectos estructurales, geotécnicos, hidráulicos y ambientales.

1.3 Título

“PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN”

1.4 Área y Línea de Investigación

Área:

Diseño de Estructura de Pavimento.

Línea:

Infraestructura Vial Urbana.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1. Internacionales:

- ❖ 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 incrementarían 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.

2.1.2. Nacionales:

❖ Pérez Gordillo, Johan (2017) en su tesis titulada **“Influencia de la Granulometría del Agregado Grueso en las Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de un Concreto Permeable, Trujillo 2017”**, desarrollada en la

Universidad Privada del Norte, para obtener su tesis de grado, expone como objetivo de su investigación:

Determinar el efecto que tiene la variación de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable. El diseño de la investigación se considera de tipo experimental ya que se manipula la variable independiente, las propiedades evaluadas son resistencia a la compresión, flexión y permeabilidad, las gradaciones para el agregado fueron 1/2", 3/8" y N° 4, para el desarrollo del trabajo se elaboró tres diseños de mezcla considerando los mismos criterios, la población que propuso son los concretos permeables que utilicen agregado grueso de 1/2", 3/8" y N°4 y la muestra se considera 45 probetas de concreto permeable en estado endurecido. En cuanto a las técnicas de recolección de datos se empleó la observación directa, análisis documental y ensayos de laboratorio. El autor concluyó mencionando que se pudo determinar que el concreto permeable elaborado con la gradación N° 4 presentó las mayores resistencias a compresión y flexión, siendo estas de 209.68 kg/cm² y 33.81 kg/cm² y en cuanto a la permeabilidad la gradación 3/8" fue la que obtuvo mayores valores.

- ❖ Guizado Barrios, Agneth y Curi Grados, Elvis (2017) en su tesis titulada **“Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”**, desarrollada en la Pontificia Universidad Católica del Perú, para obtener su tesis de grado, exponen como objetivo de su investigación:

Contribuir con el estudio del concreto permeable como alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales. Analizaron el desempeño estructural e hidráulico de concreto permeable y lo cuantificaron mediante sus propiedades de resistencia y permeabilidad de acuerdo al American Concrete Institute (ACI) 522R-10 y ensayos ASTM, para ello se diseñó quince mezclas de concreto permeable con un contenido de vacíos de 15%, 17% y 19%, agregado grueso de 3/4" y 3/8" con una relación a/c de 0.00 a 0.10, de las cuales se elaboró probetas de distintos tamaños para los ensayos correspondientes. Los autores concluyeron mencionando que la mezcla más

eficiente fue la M--H8-ang-19.5%-ar. Esta posee una permeabilidad de 0.7 cm/seg; un porcentaje de vacíos en estado fresco del 19.5%; cemento en una proporción de 428 kg/m³; resistencias a flexo tracción y a compresión a 28 días de 3.6 Mpa y 22.2 MPa, respectivamente; relación agua/cemento de 0.27, y uso de aditivo reductor de agua de alto rango al 2% del peso del cemento.

- ❖ Flores Quispe, Cesar y Pacompia Calcina, Iván (2015) en su tesis titulada **“Diseño de Mezcla de Concreto Permeable con adición de Tiras de Plástico para Pavimentos F'c 175 Kg/Cm² en la ciudad de Puno”**, desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano, para obtener su tesis de grado, exponen como objetivo de su investigación:

Evaluar la incidencia que tiene la incorporación de tiras de plástico (polipropileno) en las propiedades del concreto f'c=175 kg/cm² diseñado para pavimentos en la ciudad de Puno. Las variables dependientes estudiadas son las propiedades como resistencia a la compresión, contenido de vacíos y permeabilidad, con el fin de obtener el diseño de mezcla del concreto permeable idóneo realizaron dos tipos de mezclas, en el primero utilizaron agregado grueso de tamaño estándar N°57 (con un T.M. de 1”), en el segundo diseño fue utilizado agregado grueso N°8, gradación recomendada por ACI para obtener mayores resistencias a compresión en concreto permeable. Los autores concluyeron indicando que se determinó que el concreto permeable elaborado con la granulometría normalizada (tamaño estándar N°8) es idóneo para la incorporación de tiras de polipropileno de 3 mm. x 30 mm. en diferentes porcentajes respecto al peso por metro cúbico en el diseño de mezcla (0.05%, 0.10% y 0.15%), determinándose que la adición de tiras en un 0.05% y 0.10% respecto al peso mejoran la resistencia a la compresión promedio a los 28 días en un 16.7% y 4.2% respectivamente, mientras que la incorporación de tiras en un 0.15% disminuye la resistencia a la compresión promedio en 10.7%.

- ❖ Benites Bustamante, Juan (2014) en su tesis titulada **“Características Físicas y Mecánicas del Concreto Permeable usando agregados de la cantera río Jequetepeque y el aditivo Chemaplast”**, desarrollada en la Universidad

Nacional de Cajamarca, para obtener su tesis de grado, expone como objetivo de su investigación:

Determinar si las propiedades de permeabilidad y resistencia a la compresión del concreto permeable elaborado con agregados propios y un aditivo tipo A están dentro del rango de valores que considera el ACI. La metodología utilizada para la investigación fue del tipo cuantitativa experimental, se realizó el diseño de una mezcla utilizando el valor medio del rango recomendado de la relación agua-cemento, con un porcentaje de vacíos del 20% que es adecuado según la literatura y con el valor medio de un aditivo tipo A según su hoja técnica. La población utilizada para el presente estudio estuvo conformada por todas las probetas de concreto y la muestra se tomó 24 probetas de concreto permeable, en cuanto a la técnica de recolección de datos se consideró la observación directa. El autor concluyó señalando que la resistencia promedio es de 6.030 MPa, 7.148 MPa y 7.556 MPa respectivamente siendo baja pero que está dentro del rango de 2.8 MPa a 28 MPa que especifica la norma ACI 522R-I O y la permeabilidad medida a través de su coeficiente de permeabilidad promedio es de 0.321 cm/s que está dentro del rango de 0.2 cm/s a 0.54 cm/s que también establece la norma antes mencionada.

2.1.3. Locales

❖ Sopan Hernández Genith y Soto Jara Lisbeth (2020), con su 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 Tocache”**, **Universidad Científica del Perú**, llega a las siguientes 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/cm², obteniendo los valores de 233.29 kg/cm², 220.22 kg/cm², 210.15 kg/cm² y 208.36 kg/cm² 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/cm².

- Los valores mínimos de la resistencia a la rotura para pavimentos en vías locales, descritos en la norma C.E. 010 pavimentos urbanos es de MR=34kg/cm². 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.

2.2 Bases Teóricas

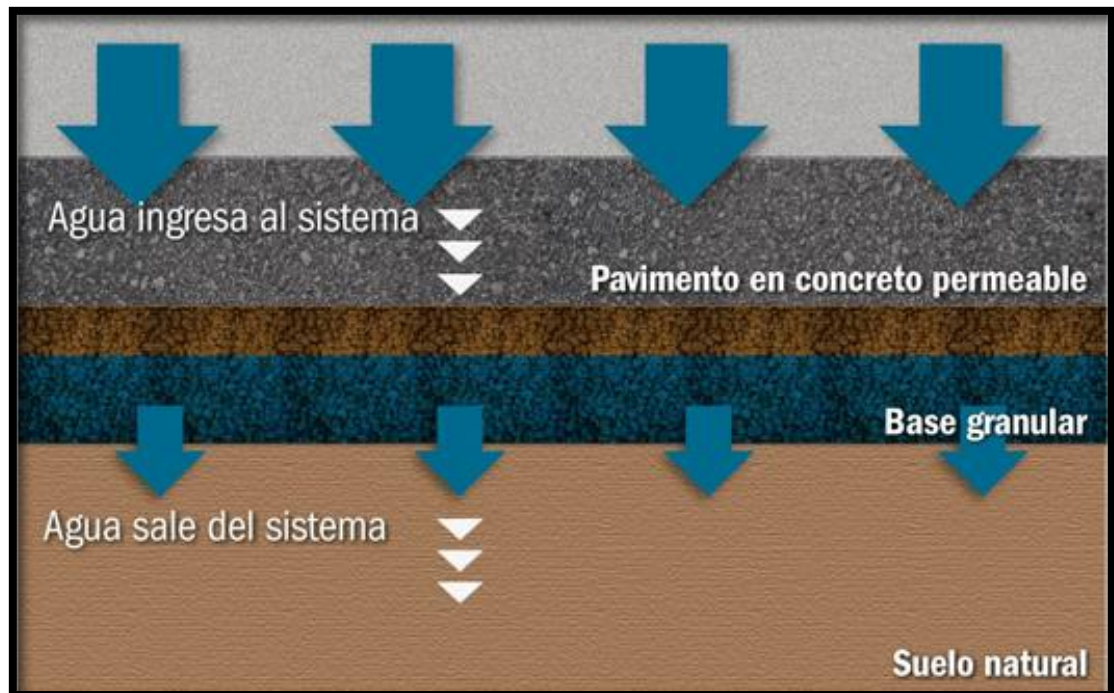
2.2.1 CONCRETO PERMEABLE

“El concreto permeable es un material compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. Estos ingredientes 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/cm². La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730 L/min/m² y depende del tamaño de los agregados y la densidad de la mezcla” (ACI 522R, 2010).

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/cm². La permeabilidad se encuentra aproximadamente entre 81 y 730

L/min/m² 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>

2.2.1.1 POROSIDAD

Para Torre (2004), la porosidad “viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la mezcla de concreto, siendo una de las propiedades en donde se debe tener mayor consideración” (p. 47). Tanto la resistencia del concreto y su permeabilidad dependen de la porosidad o porcentaje de vacíos, este valor está afectado por la cantidad de agregado fino, la cantidad de cemento y la potencia de compactación del concreto. Para el diseño de concreto permeable los valores del porcentaje de vacíos varían entre 15% y 30% (Pérez, 2017, p. 57).

2.2.1.2 GRADACIÓN DE AGREGADOS

Los agregados tienen una gran importancia al momento de diseñar una mezcla de concreto, estos llegan a ocupar las tres cuartas partes del volumen total, además se debe tener en cuenta que un agregado mustio llega a limitar la resistencia del concreto, estos elementos son aquellos que suministran estabilidad volumétrica y

durabilidad. Entonces se puede definir al agregado como el grupo de partículas minerales de origen natural o artificial cuyos diámetros son definidos en las normas establecidas (Torre, 2004, p. 43).

“Las gradaciones de los agregados utilizados en el concreto permeable ya sea agregado grueso de un solo tamaño o clasificación entre 3/4 y 3/8 pulgadas (19 y 9,5 mm). Agregados redondeados y machacadas, tanto normal y ligera, se han utilizado para hacer concreto permeable. El agregado utilizado debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM D 448 y C33/C33M” (ACI522R, 2010).

2.2.1.3 RELACIÓN AGUA / CEMENTO

La relación agua/cemento es sumamente importante para llegar a tener una adecuada resistencia a la compresión, es por ello que para el diseño de concreto permeable se debe tener mucha consideración en lo que la norma nos diga. “Un alto a/c puede ocasionar que la pasta fluya entre los agregados, obstruyendo los vacíos entre ellos; por otro lado, un bajo a/c puede provocar poca adhesión entre los agregados y generando problemas de trabajabilidad” (ACI 522R, 2010).

2.2.1.4 PROPIEDADES EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO PERMEABLE

Las propiedades en estado fresco que se deben tener en cuenta para el diseño de Concreto Permeable son:

- **Trabajabilidad:** Para American Concrete Institute (2007), la trabajabilidad “es la propiedad del concreto o mortero en estado fresco la cual determina la facilidad y homogeneidad con la cual puede ser mezclado, colocado, compactado y terminado”. Esta es una de las propiedades en la cual se debe tener bastante cuidado para el buen diseño de un concreto permeable, ya que nos permitirá tener mejor control de la separación del agregado.
- **Consistencia:** Se puede considerar como la propiedad que nos permite observar la facilidad del concreto para rellenar por completo el molde. El ensayo que nos permite determinar esa propiedad es el de asentamiento de concreto o slump, el cual se realiza aplicando la norma ASTM C143. Para el concreto permeable no se considera este ensayo como control de calidad, solo se puede

considerar como un valor de referencia, debido a que la mezcla es muy rígida. (Pérez, 2017, p. 29).

Según el American Concrete Institute (ACI), recomienda asentamiento para diferentes tipos de concreto, es así como para un concreto permeable el asentamiento máximo es de 2 cm y el revenimiento mínimo es de 0 cm.

- **Densidad:** Para Montejó (2006), la densidad o peso unitario “es la masa del material necesario para llenar un volumen unitario” (p. 61). Esto lo podemos entender como el peso del concreto por unidad de volumen.

Puesto que el concreto permeable tiene un gran porcentaje de vacíos, es considerado como un concreto ligero, ya que su masa volumétrica es el 70% de un concreto normal. Sus valores se encuentran entre 1600 y 2000 kg/m³ (López, 2010, p. 35).

- **Contenido de Aire:** Para Torre (2004), se “mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total” (p. 13). Es importante no tener demasiado contenido de aire en la mezcla ya que de ser así disminuirá la resistencia.

2.2.1.5 PROPIEDADES EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO PERMEABLE

Las propiedades en estado endurecido que se deben tener en cuenta para el diseño del Concreto Permeable son:

- **Permeabilidad:** Para Portugal (2007), menciona que la “permeabilidad del concreto, como la de cualquier material, consiste en que éste pueda ser atravesado por un fluido (agua, aire, vapor de agua) a causa de una diferencia de presión entre las dos superficies opuestas del material” (p. 236).

La característica principal del concreto permeable es sin lugar a dudas la capacidad de filtrar fluidos por medio de su estructura, esta capacidad está relacionada directamente el diseño óptimo de la mezcla, es por eso que se debe hacer énfasis en esta propiedad.

“Diferentes estudios y pruebas han demostrado que se requiere un contenido mínimo de vacíos de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa, además la permeabilidad en este tipo de mezclas para que sea considerada satisfactoria, el tiempo medido debe ser menor a los 100 segundos” (López, 2010, p. 41).

- **Durabilidad:** Se considera como aquella capacidad o propiedad que tiene el concreto para soportar los efectos de la intemperie, sin que se alteren sus propiedades mecánicas.

Al igual que el concreto tradicional, la durabilidad del concreto permeable se enfoca en la vida útil que pueda tener (Pérez, 2017, p. 33).

Contempla la resistencia del concreto a 3 factores principales, abrasión, congelamiento-deshielo y sulfatos. Los diferentes tipos de concreto necesitan de diferentes durabilidades, dependiendo de la exposición del ambiente y de las propiedades deseables. Los componentes del concreto, la proporción de éstos, la interacción entre los mismos y los métodos de colocación y curado determinan la durabilidad final y la vida útil del concreto” (Kosmatka, Kerkhoff, Panarese, & Tanesi, 2004, p. 13).

2.2.1.6 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO PERMEABLE

Las propiedades mecánicas que se deben tener en cuenta para que el Concreto Permeable pueda ser aplicado en distintas estructuras son las siguientes:

- **Resistencia a la Compresión:** Es una de las características más significativas de todo concreto, esto se puede definir como el esfuerzo máximo que un material puede tolerar cuando está bajo una carga puntual.

“La resistencia que pueda llegar a alcanzar el concreto va a depender de la cantidad de agua que se emplee en su elaboración. Una cantidad elevada de agua va a ocasionar que el cemento se escurra ocasionando una mala o insuficiente adherencia entre las partículas de los agregados. Por otro lado, una cantidad insuficiente de agua ocasionará falta de cohesión entre las mismas

partículas. En ambos casos el resultado final va a dar una mezcla con poca resistencia” (Rivera, 2011, p. 125).

Dependiendo de la cantidad de agregados finos, de la granulometría del agregado grueso, de la relación a/c, de la cantidad de cemento y de la compactación, la resistencia del concreto va a variar. A mayor cantidad de vacíos, se tendrá menor resistencia y viceversa (López, 2010, p. 37).

“La resistencia del concreto permeable debería variar entre 70 y 280 kg/cm²” (ACI 522R, 2010).

- **Resistencia a la Flexión:** La resistencia a la flexión de un concreto es baja en comparación con su resistencia a la compresión, pero muy superior a su resistencia en tracción pura. Este parámetro es aplicado en estructuras tales como pavimentos rígidos; debido a que los esfuerzos de compresión que resultan en la superficie de contacto entre las llantas de un vehículo y el pavimento son aproximadamente iguales a la presión de inflado de las mismas, la cual en el peor de los casos puede llegar a ser de 5 o 6 kg/cm²” (Rivera, 2011, p. 133).

La resistencia a la flexión es indicada por medio del módulo de rotura y sus valores se encuentran entre 10 y 20% de la resistencia a la compresión. En el concreto permeable se llegan a tener resistencias a la flexión entre 10 y 38 kg/cm² (López, 2010, pág. 38).

2.2.2 SISTEMA DE DRENAJE

“Es una estructura que busca garantizar el desalojo del flujo ocasionado por precipitaciones pluviales en la cuenca o zonas de asentamientos humanos, provocando una mínima molestia, peligro y/o daño a las personas, los bienes, el medio ambiente y la infraestructura existente” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2016).

2.2.2.1 EFICACIA DE DISEÑO

“El funcionamiento del sistema de drenaje debe garantizar la seguridad de tránsito para peatones y vehículos. Debe minimizar las afectaciones a la infraestructura urbana y a los habitantes ante la ocurrencia de tormentas” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2016, p. 2).

Esta es una de las propiedades que se busca obtener al implementar el concreto permeable en un pavimento rígido en la ciudad de Huaraz, ya que muchas veces se observa que el sistema de drenaje no presenta un buen funcionamiento en muchas calles.

2.2.2.2 VOLÚMEN DE ESCURRIMIENTO

“Debe ser capaz de captar el volumen de agua generado por la precipitación de diseño” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2016, p. 2). Al implementarse un sistema de pavimentación a base de concreto permeable se debe tener presente toda la precipitación que debe captar y que la estructura sea capaz de filtrar en un tiempo reducido toda esta escurrimiento.

2.2.2.3 CONTROL DE INUNDACIONES

“El sistema de drenaje debe proteger las vías de comunicación de la población ante inundaciones. El sistema de drenaje debe ser adecuado para desalojar el agua ocasionada por la precipitación de diseño determinada” (Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, 2016, p. 2). Uno de los mayores beneficios que se busca obtener con un pavimento permeable es sin lugar a dudas tener un mayor control de aguas pluviales y de esta manera evitar por complete las inundaciones en distintas calles.

2.2.3 PAVIMENTOS

Son estructuras que están compuestas por capas y apoyada sobre un terreno que está dispuesto para aguantarla durante un Periodo de Diseño y un rango de Serviciabilidad. También se aplica a estacionamientos, aceras o veredas, pasaje peatonal y ciclo vías (RNE, 2016, p. 93).

2.2.3.1 VÍAS URBANAS, LOCALES Y PAVIMENTOS ESPECIALES

- **Vías Urbanas:** Para RNE (2016), es un “espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentran dentro del límite urbano, según su función son: vías expresas, arteriales, colectoras y locales” (p. 94).
- **Vías Locales:** Para RNE (2016), son “aquellas que tienen por objeto el acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales y circulan dentro de ellas” (p. 95).
- **Pavimentos Especiales:** Para RNE (2016), son “considerados las aceras o veredas, pasajes peatonales y ciclo vías” (p. 95).

2.2.3.2 PAVIMENTO PERMEABLE

Esta clase de Pavimentos están considerados dentro de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), estos pavimentos son totalmente permeables y filtran la escorrentía superficial a través de sus poros. La capa superior se ofrece como una solución adecuada a aplicaciones en aparcamientos, parques y jardines, calles peatonales y zonas residenciales. (Rodríguez, 2014, p. 3).

Algunas de las áreas donde se puede utilizar un pavimento permeable son: Acceso vehicular, campos deportivos, estacionamientos, accesos peatonales y ciclo vías. Entonces podemos definir a un pavimento permeable estructuras viales con secciones compuestas de diversas capas de materiales de construcción que permiten el paso del agua a través suyo, desde la superficie hasta el terreno natural o sub rasante, y en conjunto pueden ofrecer la capacidad portante adecuada para resistir un tráfico determinado (generalmente liviano).

2.2.3.3 VENTAJAS DEL CONCRETO PERMEABLE APLICADO EN PAVIMENTOS

Dentro de las Ventajas que nos puede brindar el Concreto Permeable una vez implementado en Pavimentos son:

- Eliminación o reducción de las dimensiones de alcantarillado pluvial.
- Control de escurrimiento de aguas pluviales.

- Evita encharcamiento y baches.

2.2.3.4 DESVENTAJAS DEL CONCRETO PERMEABLE APLICADO EN PAVIMENTOS

Entre las Desventajas más apreciables que presenta esta nueva tecnología es la de perder permeabilidad con el paso del tiempo, al taparse los poros con otro material y que solo se pueda usar en pavimentos con un bajo y/o ligero tránsito.

2.2.4 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).

2.2.5 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.

2.2.6 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: 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).

2.2.7 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 ruedo, 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.

2.2.8 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.

2.2.8.1 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 pérdida 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).

2.2.8.2 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 pérdida 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).

2.2.8.3 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).

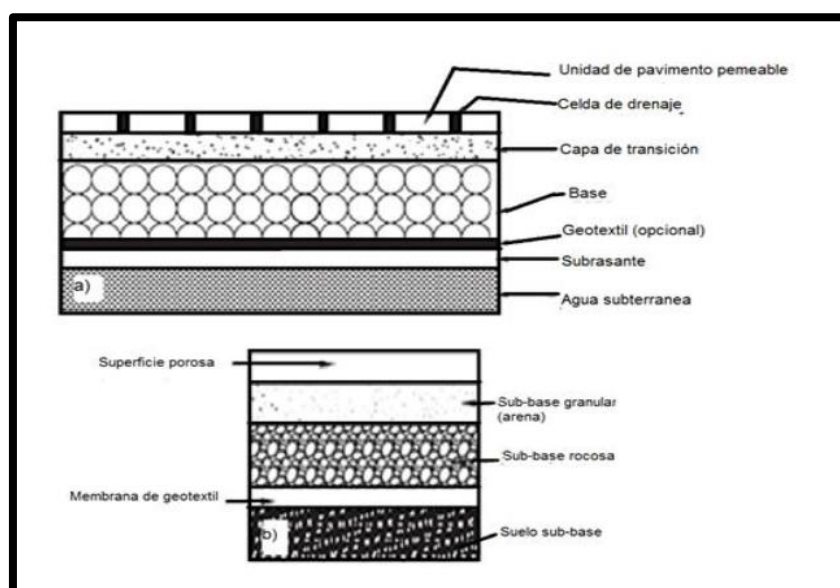
Ilustración 3: a) asfalto normal y poroso, b) concreto poroso



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.**

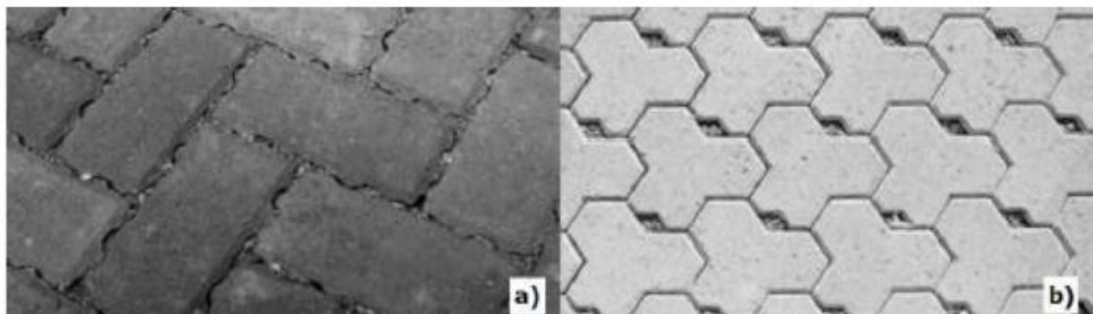


Fuente: Scholz & Grabowiecki, 2006

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.

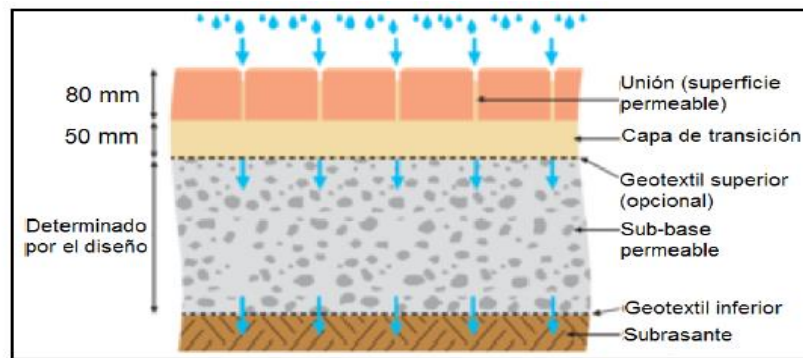


Ilustración 7: Estructura del pavimento permeable de infiltración parcial.

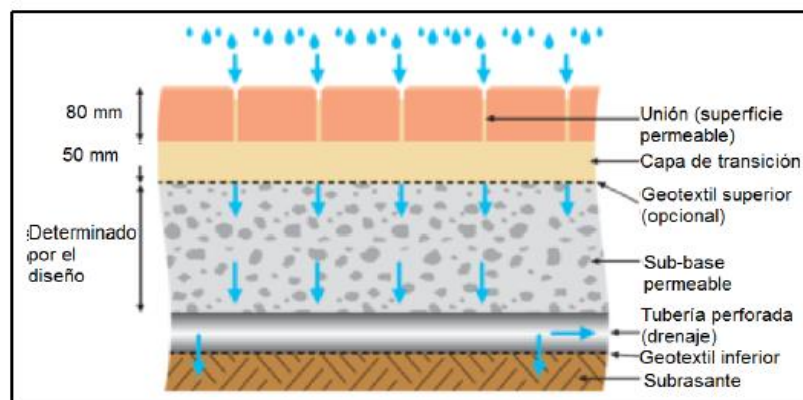
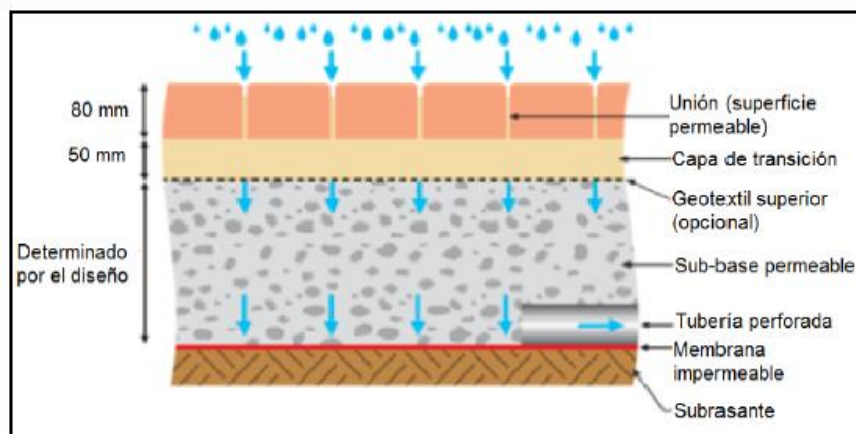


Ilustración 8: Estructura del pavimento permeable de infiltración nula.



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

2.2.8.4 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.

2.2.8.5 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.

2.2.9 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).

2.2.10 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.

2.2.11 EN ESTADO ENDURECIDO

2.2.11.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 (ASTM C39)

La resistencia a la compresión es la capacidad que tiene el concreto de aportar esfuerzos de compresión debido a las cargas sobre las estructuras. En el concreto permeable, las propiedades son principalmente afectadas por el diseño de la mezcla y el método de compactación (ACI 522R, 2010).

El ACI 522R-10 menciona algunos estudios realizados donde se han determinado los principales factores que afectan a la resistencia a la compresión del concreto permeable. Estos pueden ser el grado de compactación, el tamaño de los agregados, los aditivos poliméricos y minerales, el módulo de finura de los

agregados, así como el resultado de ensayar en probetas moldeadas o en extracción diamantina. Tanto la relación agua/cemento (w/c) y el contenido total de cemento es importante para la resistencia a la compresión y el contenido de vacíos. Una insuficiente cantidad de cemento ocasiona poco revestimiento de la pasta alrededor del agregado y, por tanto, baja resistencia a la compresión.

Debido a que no existe una norma que estandarice el ensayo a compresión del concreto permeable, se utilizará la norma ASTM C39 para concreto convencional.

2.2.11.2. RESISTENCIA A LA FLEXIÓN NTP 339.078 (ASTM C78)

La resistencia a tracción por flexión o Modulo de Ruptura mide la resistencia a tracción del concreto generado por flexión.

Crouch et al. (2006) investigó que la relación entre la resistencia a tracción por flexión f_r y la resistencia a la compresión f'_c puede darse por la relación planteada por Ahmad y Shah (1985) para concreto premezclado representada en la Ec. 1.

$$f_r = 0.083 \times f'_c{}^{2/3} \text{ (unidades SI)} \quad \text{Ec. (1)}$$

La norma para medir la resistencia a tracción por flexión es la ASTM C 78. Esta se basa en el ensayo de una viga simplemente apoyada y cargada a los tercios.

2.2.11.3. CONTENIDO DE VACIOS Y DENSIDAD (ASTM C1754)

La densidad y el contenido de vacíos en estado endurecido se determina mediante ensayos estandarizados y utilizando formulas dadas en el ASTM 1754.

El espécimen a ensayar deberá ser una mezcla de concreto permeable en estado endurecido con forma cilíndrica de diámetro nominal de 4 pulgadas. Se determinará la altura promedio, L , del espécimen usando el pie de rey. Además, se calculará el diámetro promedio considerando dos diámetros medidos a la mitad de la altura del espécimen. Tanto el diámetro como la altura promedio, deberán ser redondeado a 0.25mm.

Para empezar, se necesita calcular la masa en estado seco de la muestra y anotar como masa seca A . Este método permite dos opciones de secado: utilizando una

baja temperatura de secado para determinar la masa constante del espécimen de concreto permeable, el cual puede tardar una semana o más (Método de Secado A) y utilizando una alta temperatura de secado, en el cual la masa constante se puede obtener mucho más rápido (Método de Secado B).

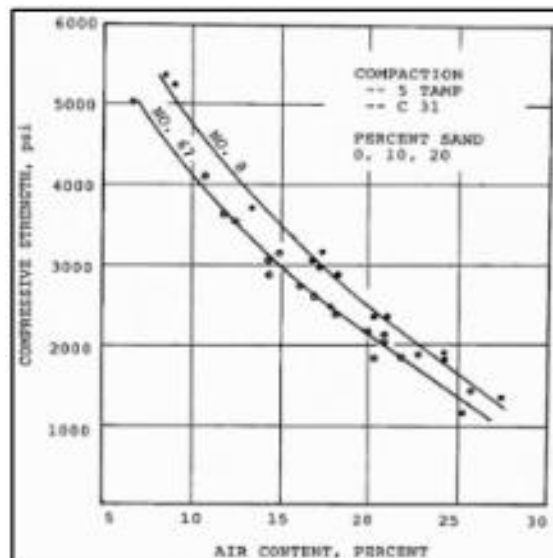
Finalmente, se sumerge completamente el espécimen en el balde con agua y se deja reposar por 30 ± 5 minutos. Teniendo el espécimen sumergido, golpearlo 10 veces con el mazo de goma. Rotar ligeramente el espécimen para que cada golpe sea equitativo alrededor de la circunferencia del espécimen. Manteniendo aún sumergido el espécimen, se determina su masa y se anota como masa sumergida B.

2.2.12 PRINCIPALES VARIABLES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO PERMEABLE

2.2.12.1. CONTENIDO DE VACIOS

La figura 1 muestra la relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión para agregados gruesos de diferente gradación y para distintos esfuerzos de compactación (Meininger,1988).

Ilustración 9: Relación entre la Resistencia a la Compresión y el Contenido de Vacíos

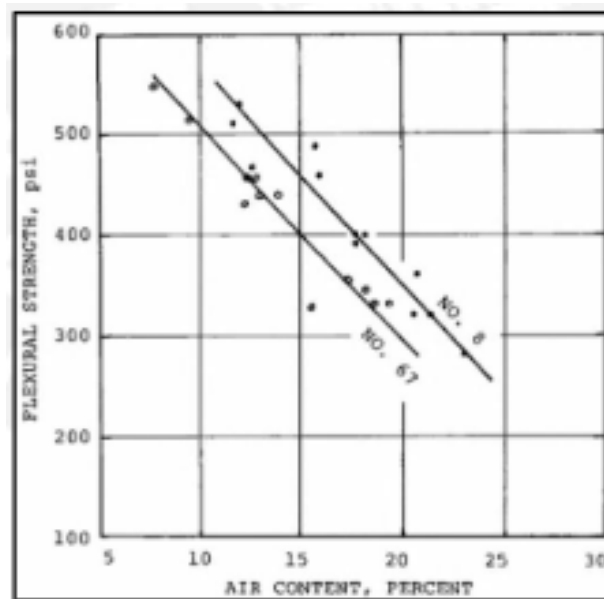


Fuente: (Meininger,1988).

Se observa de la figura 1, que para contenidos de vacíos del 10% se logran resistencias aproximadas de 4100 psi (288 kg/cm²) y 4800 psi (337 kg/cm²) para

gravas del N°67 y 8, respectivamente. Para un contenido de vacíos de 15%, se logran aproximadamente 3000 (210 kg/cm²) y 3500 (246 kg/cm²) para gravas del N°67 y 8, respectivamente. Para un contenido de vacíos de 20%, se logran aproximadamente 2100 (147 kg/cm²) y 2500 (175 kg/cm²) para gravas del N°67 y 8, respectivamente.

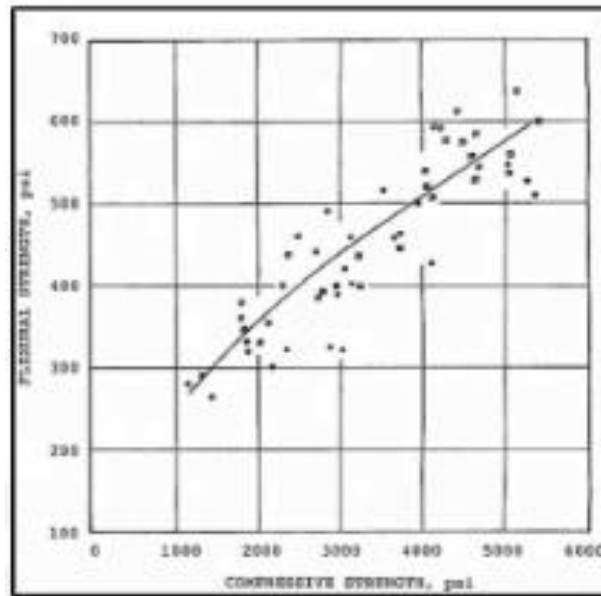
Ilustración 10: Relación entre la resistencia a la flexión y el contenido de vacíos



Fuente: (Meininger,1988).

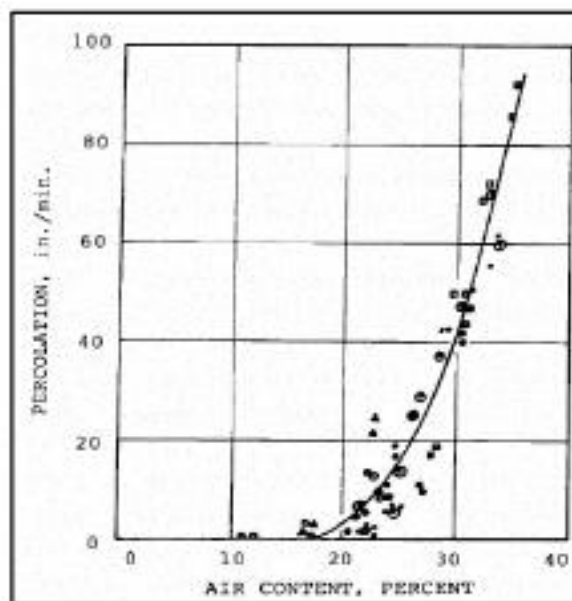
En la figura 2, muestra la relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la tracción por flexión para agregados gruesos de diferente gradación (Meininger, 1988). Se puede observar que para un contenido de vacíos del 10% se logran alcanzar aproximadamente un módulo de ruptura de 510 psi (35 kg/cm²) y de 550 psi (38.6 kg/cm²) para una grava N°67 y 8, respectivamente. Para un contenido de vacíos de 15%, se logran aproximadamente 400 (kg/cm²) y 460 (kg/cm²) para gravas del N°67 y 8, respectivamente. Para un contenido de vacíos de 20%, se logran aproximadamente 290 (kg/cm²) y 350 (kg/cm²) para gravas del N°67 y 8, respectivamente.

Ilustración 11: Relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión



Fuente: (Meininger,1988).

Ilustración 12: Relación entre el grado de infiltración y el contenido de vacíos



Fuente: (Meininger,1988)

Ya que existe una relación entre el contenido de vacíos y las resistencias a la compresión y la tracción por flexión, se puede, también, construir una gráfica que relacione ambas resistencias. La figura 3 muestra esta relación entre resistencias del concreto permeable para una serie de ensayos de laboratorio. La figura 4 muestra la relación entre el contenido de vacíos y el grado de infiltración de una mezcla de concreto permeable. En esta se observa que la infiltración es muy baja

cuando el contenido de vacíos de las muestras se encuentra menor a 15%. Por tanto, se deben obtener mezclas con un contenido de vacíos mayor a un 15% para asegurar el flujo del agua.

2.2.13 TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL Y FORMA DEL AGREGADO GRUESO

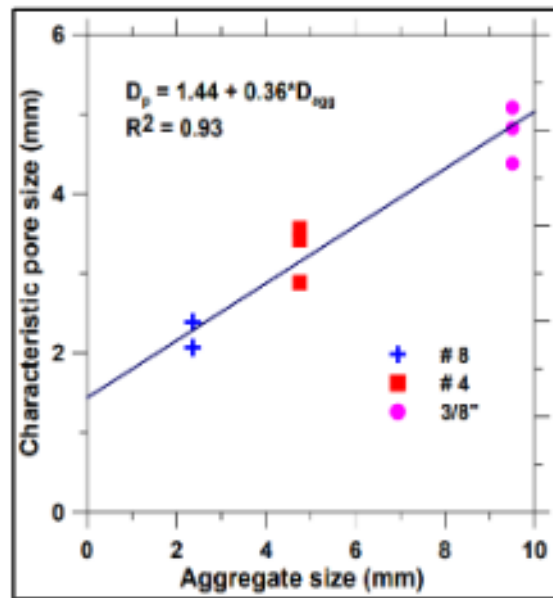
Según diversos estudios, se ha establecido que una granulometría no uniforme con casi la totalidad de su porcentaje de un mismo tamaño de agregado (es decir, una distribución granulométrica estrecha) produce un hormigón de una permeabilidad en un rango entre moderado a alto, sin embargo, este aspecto va en inversamente proporcional a las propiedades de resistencia a la compresión simple y flexión.

Una granulometría concebida con gran porcentaje de un agregado mayor y pequeñas cantidades de otro u otros menores, no brindan características buenas ni de permeabilidad ni de resistencia (Crouch, Adam, & Sparkman, 2007).

Para asegurar la mínima porosidad en el concreto permeable, la relación del tamaño del diámetro entre el agregado más grande y el agregado más pequeño no supere una ratio de 2.5. De lo contrario, los agregados de menor tamaño llenarán los vacíos dejados por los agregados de gran tamaño disminuyendo la porosidad y la permeabilidad (ACI 522R-10, 2010).

La figura 5 muestra la influencia del tamaño del agregado grueso en el tamaño del poro en las mezclas de concreto permeable. Se observa que se obtienen tamaños de poro de hasta 5 mm utilizando el agregado Tamaño Nominal de 3/8"

Ilustración 13: Influencia del tamaño del agregado grueso en el tamaño del poro en las mezclas de concreto permeable de un solo tamaño de agregado



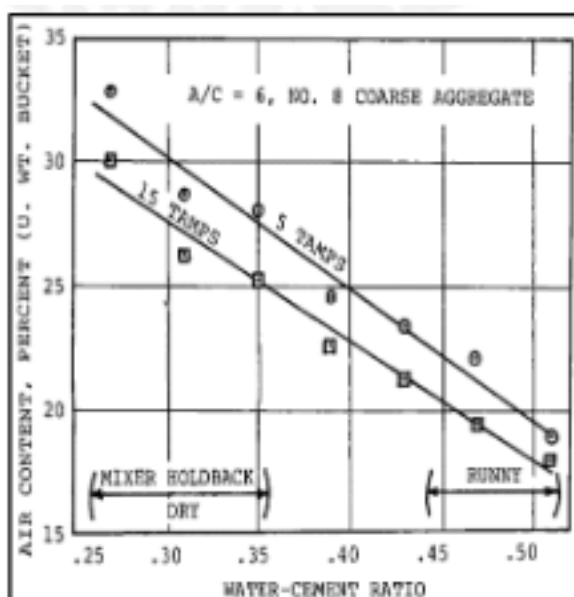
Fuente: (Neithalath, 2004)

2.2.14 RELACIÓN AGUA - CEMENTO

La relación agua/cemento (w/c) es importante para lograr una adecuada resistencia a la compresión, sin embargo, no es posible utilizar la relación entre ambas hechas para concreto convencional (ACI 522R-10, 2010). Un alto w/c puede ocasionar que la pasta fluya entre los agregados, obstruyendo los vacíos entre ellos; por otro lado, un bajo w/c puede provocar poca adhesión entre los agregados y generando problemas de trabajabilidad.

En figura 7, se muestra la relación entre el contenido de vacíos y la relación w/c (Meininger, 1988). Los contenidos de cemento y agregado se mantienen constantes y está realizado para dos casos de compactación.

Ilustración 14: Relación entre el contenido de vacíos y la relación w/c



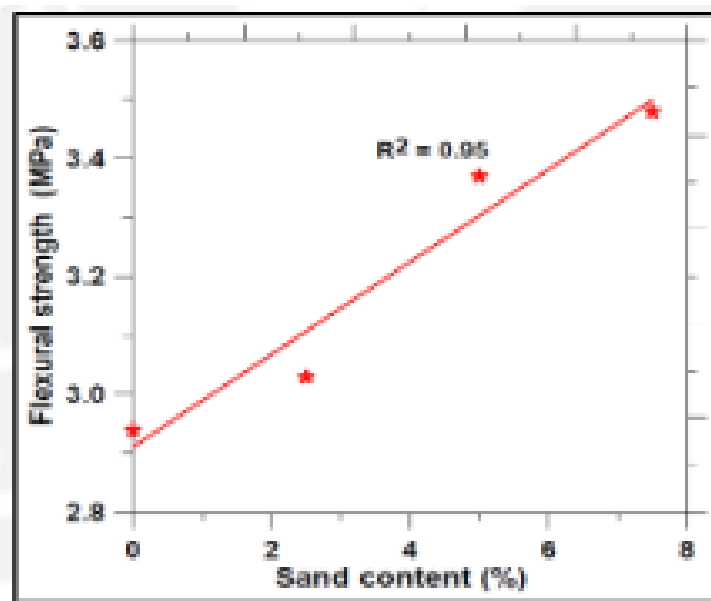
Fuente: (Meininger, 1988)

La ley tradicional de relación w/c no se aplica a estas mezclas; debido a las grandes diferencias en el contenido de vacíos y la dificultad de manipulación y compactación de mezclas con relaciones w/c muy bajas (Meininger, 1988).

2.2.15 USO DEL AGREGADO FINO

La figura 7, muestra la influencia del uso de agregado fino sobre la resistencia a la flexión en la mezcla para concreto permeable. La arena reemplazó el 2.5, 5 y 7.5% del agregado grueso (Nº8). Como se aprecia en la gráfica, un poco de contenido de arena incrementa la resistencia a la flexión significativamente. En caso de que se requiera incrementar la resistencia a la flexión de nuestras mezclas, se podría utilizar arena para cumplir con los requerimientos mínimos. Se debe tener cuidado al usarse, ya que al llenar los poros y aumentar la resistencia, también afecta la permeabilidad.

Ilustración 15: Influencia del uso de agregado fino en la resistencia a la flexión

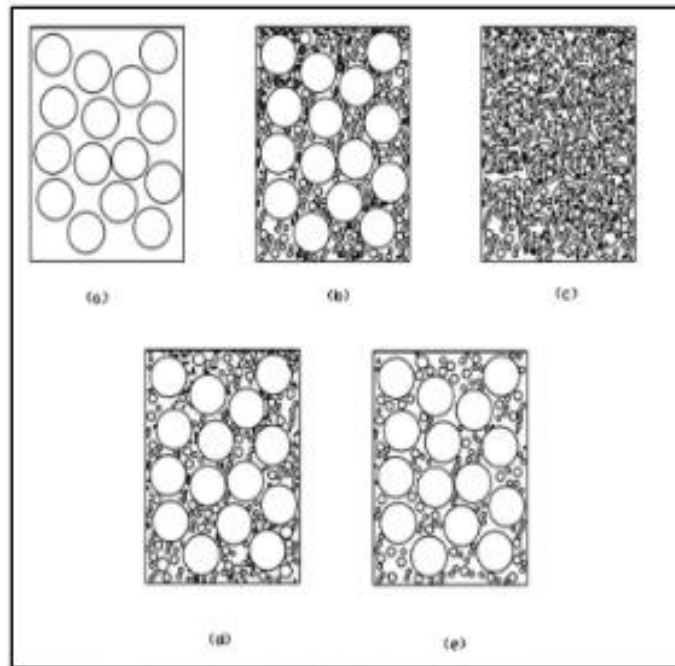


Fuente: (Neithalath, 2004)

La adición de arena (aproximadamente 5% de su volumen) incrementa la resistencia a tracción por flexión del concreto permeable (Neithalath, 2004). Esto debido a que, al haber mayor rango de tamaños por la adición de finos, estos ocupan los espacios vacíos dejados por las partículas más grandes, disminuyendo de este modo los espacios vacíos, como en la figura 9 (b), y por lo tanto el aumento de resistencia.

Ilustración 16: Representación esquemática de la granulometría de los agregados en un ensamble de agregados: (a) tamaño uniforme, (b) granulometría continua, (c) reemplazo de

partículas pequeñas por partículas grandes, (d) granulometría discontinua, (e)
granulometría



Fuente: (Céspedes García, 2003)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 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.

2.3.2 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.

2.3.3 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.

2.3.4 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.

2.3.5 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.

2.3.6 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.

2.3.7 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.

2.3.8 ESCORENTÍA:

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

2.3.9 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.

2.3.10 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.

CAPÍTULO III: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia 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 hasta mayo aproximadamente.

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

En las últimas décadas, el distrito de La Banda de Shilcayo 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 febrero del 2018, la calle principal en el centro del distrito Cabo Alberto Alberto Leveau que conecta a la plaza de armas resultó inundada a causa de la intensidad de las lluvias, provocando problemas vehiculares, peatonales y también económicas. Otra calle afectada es el Jr. Guillermo Sisley y el Jirón Tupac Amaru (no está pavimentada solo está afirmada), en épocas de lluvias se acumulan en charcos, causando mal olor y mayores cantidades de baches, generando un aspecto inapropiado al lugar turístico (Centro). 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 para el control del drenaje pluvial en el distrito, 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.

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.

El principal problema son las aguas precipitadas que se convierten en escorrentías superficiales llegando a producir en el peor de los casos grandes inundaciones (Wael W. Al – Azhari, 2013) en las vías de tránsito urbano y estas se ven afectadas, dejándolas en mal estado.

Asimismo, dicho problema no permite tener facilidades para el traslado de los vehículos y peatones, generando en la mayoría de los casos, pérdidas económicas y humanas. Por ello, se ha determinado que una de las causas principales es el estudio inadecuado de hidrología, la ineficiencia en los diseños de los pavimentos para la captación de lluvia, los cuales han generado que los sistemas de drenaje urbanos se vean saturados o en muchos casos colapsen.

La implementación del concreto drenante tiene como finalidad mitigar el impacto de las escorrentías en las vías. Por ello se debe tener en cuenta que ante la indiferencia de este problema las zonas viales pueden verse afectadas en gran magnitud por inundaciones y desgastes de las mismas, ocasionando la ineficiente circulación del tránsito vehicular y con ello perjudicando la comunicación entre pobladores. Las precipitaciones pluviales en el departamento de San Martín, durante los meses de noviembre hasta mayo, son muy elevadas, superando el rango normal de precipitaciones, las cuales de ser moderadas pasan a ser precipitaciones muy fuertes.

3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Problema general

¿En qué medida el diseño de pavimento de concreto permeable podría mejorar el control de drenaje pluvial en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín?

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 concreto permeable?

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo General

Mejorar el sistema de control del drenaje pluvial de las calles del distrito de la Banda de Shilcayo provincia y departamento de San Martín.

3.3.2 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 óptimo de 24% de vacíos.

3.4 HIPÓTESIS

3.4.1 HIPÓTESIS GENERAL

Es posible elaborar mezclas de concreto permeable que puedan drenar la escorrentía superficial en vías locales y pavimentos ante situaciones de precipitaciones extremas.

3.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:

Hi: Una mayor intensidad de precipitaciones en el diseño de pavimento de concreto permeable disminuye la eficiencia del drenaje en las calles del distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

Ho: Una mayor intensidad de precipitaciones en el diseño de pavimento de concreto permeable aumenta la eficiencia del drenaje en las calles del distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

Hi: Una mayor permeabilidad del pavimento mejorará la eficiencia del drenaje en las calles del distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín

Ho: Una mayor permeabilidad del pavimento no mejorará la eficiencia del drenaje en las calles del distrito de La Banda de Shilcayo, provincia y departamento de San Martín.

3.5 VARIABLES:

Variable Independiente

Concreto permeable.

Variable Dependiente

Drenaje pluvial.

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 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.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población:

Todos los jirones del distrito de La Banda de Shilcayo.

Muestra:

Jirón San Martín cuadra 02 a la cuadra 04.

4.3 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS, PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.3.1 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

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

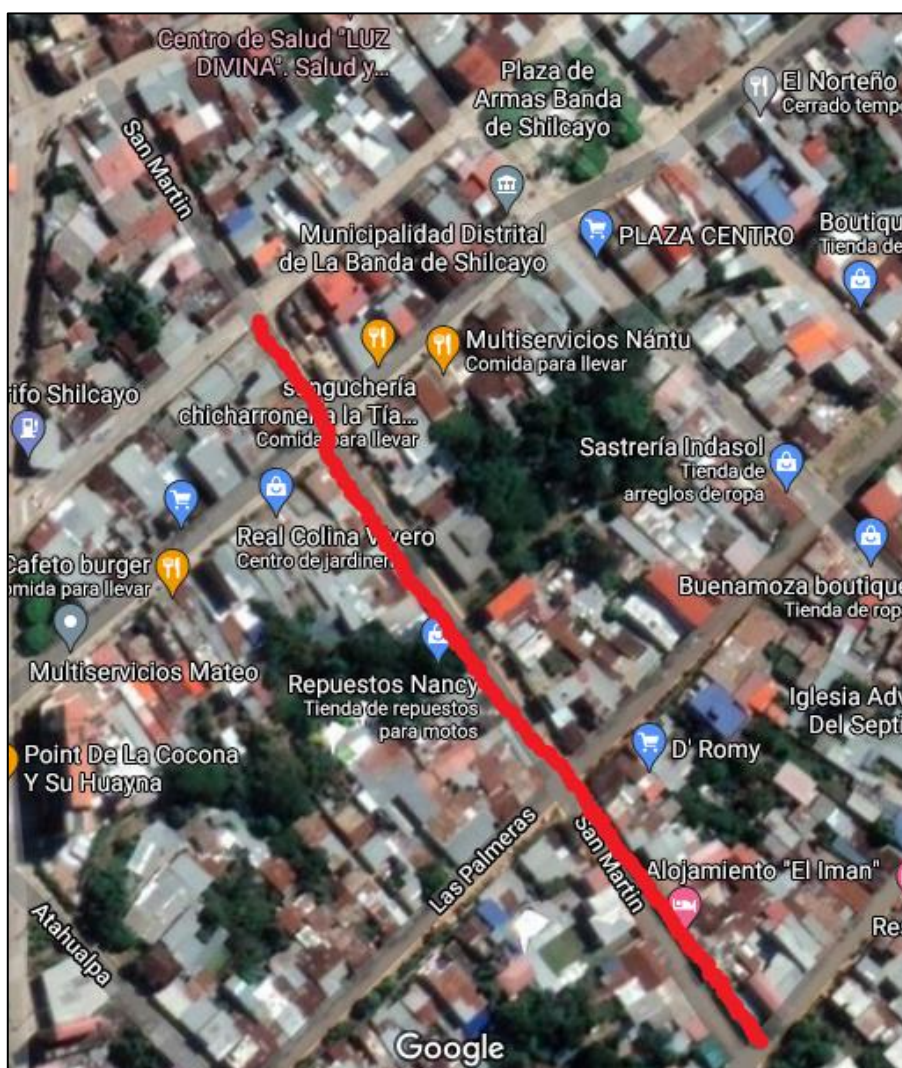
4.3.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

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
DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO	6°29'46"	76°21'47"

Ilustración 17: Imagen Satelital Ubicación Jirón San Martín



Fuente: Google Earth

4.3.3 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.

4.3.4 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 V: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

CEMENTO. – Pacasmayo Portland Tipo I (NTP 334.009 y ASTM C-150-99, P.e. = 3.15 gr/cm³).

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

FUENTE: Elaboración Propia

5.1.1 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

AGREGADO GRUESO		
ENSAYO	Requisitos - NTP 400.037	Otras Especificaciones
<i>Muestreo</i>	<i>Medida: Tabla N°1, NTP 400.010</i>	-
<i>Forma y textura superficial</i>	<i>Las que generen > 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 < 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/cm³)</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/m³):</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 2.65 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 kg/m^3 lo cual indica que cumplió con los requerimientos establecidos en la NTP 400.037.

5.2 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%.

5.2.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS PROPORCIONES DE LAS MEZCLAS PARA LOS DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS, PARA 1M³ 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.

5.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS

Tabla 4: Peso Unitario del Concreto Fresco y Seco

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO Y SECO				
PESO UNITARIO	% DE VACIOS			
	15%	20%	25%	Opt. 24%
PUC° kg/m³	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/cm² a diferencia de 25% que tiene 1327.03 kg/cm³.

5.4 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.

5.5 RESULTADOS DE LOS ENSAYOS Y DISCUSIÓN

5.5.1.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS

Tabla 5: Resultados del Ensayo de Resistencia a Compresión

RESULTADOS DEL ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN						
% VACÍOS	PROBETA	DIAM. (cm)	ALT. (cm)	AREA (cm²)	ESFUERZOS (kg/cm²)	TIPO DE FALLA
15%	1 D/M=C/A3/8 AL 24%	15.00	30.00	176.71	233.43	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	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	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	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/cm², seguida por la mezcla con 20% de vacíos con una resistencia de 220.21 kg/cm². La proporción con mezcla optima de 24% de vacíos tuvo una resistencia de 210.15 kg/cm² y por último la mezcla con 25% de vacíos con una resistencia de 208.38 kg/cm².

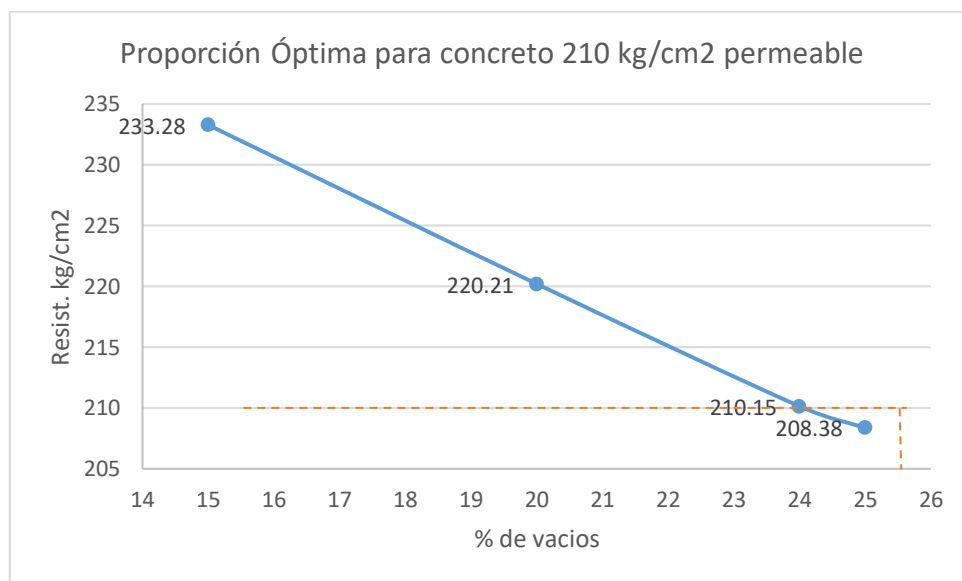
Tabla 6: Resistencia a la Compresión para Diferentes Porcentajes de Vacíos

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE VACÍOS				
% VACÍOS	15%	20%	25 %	OPT. 24%
ESFZ. PROM. (kg/cm2)	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 presentó 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/cm² muy cercana a la resistencia de diseño que es de 210 kg/cm²

Ilustración 18: Proporción Óptima para Concreto 210 kg/cm² permeable



Fuente: Elaboración Propia

5.5.1.2 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 ²)	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

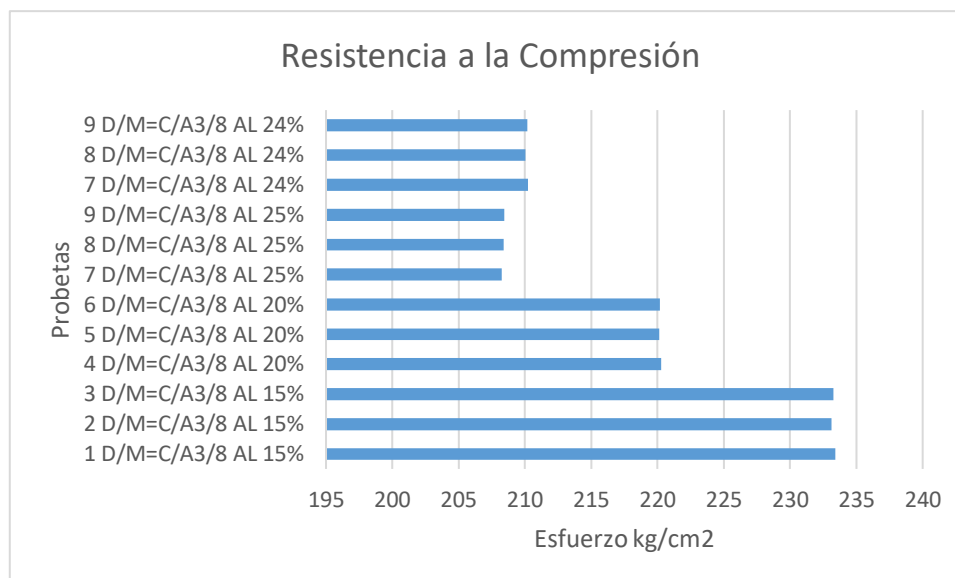
Tabla 8: Análisis de Resultados de los Ensayos de Resistencia a Compresión de los Especímenes

ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES					
RANGOS	ALTURA (cm)	ÁREA (cm²)	PESO (kg)	CARGA MAX. (Tn)	ESFUERZO (kg/cm²)
15 % VACIOS					
Valor Mín.	30.00	176.71	8.800	41.200	233.14
Valor Máx.	30.00	176.71	8.812	41.250	233.43
Valor Prom.	30.00	176.71	8.806	41.225	233.29
Variación	0.00	0.00	0.012	0.050	0.29
20 % VACIOS					
Valor Mín.	30.00	176.71	8.789	38.900	220.13
Valor Máx.	30.00	176.71	8.792	38.930	220.30
Valor Prom.	30.00	176.71	8.791	38.915	220.22
Variación	0.00	0.00	0.003	0.030	0.17
25 % VACIOS					
Valor Mín.	30.00	176.71	8.750	36.800	208.25
Valor Máx.	30.00	176.71	8.759	36.840	208.47
Valor Prom.	30.00	176.71	8.755	36.82	208.36
Variación	0.00	0.00	0.009	0.040	0.22
24 % VACÍOS (Óptimo)					
Valor Mín.	30.00	176.71	8.698	37.120	210.06
Valor Máx.	30.00	176.71	8.702	37.150	210.23
Valor Prom.	30.00	176.71	8.700	37.135	210.15
Variación	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 19: 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 VACÍOS (PROMEDIO DEL MÁXIMO Y MÍNIMO)				
PROBETA	15 % VACÍOS	20 % VACÍOS	25 % VACÍOS	24 % VACÍOS
ESFUERZO PROM. (kg/cm²)	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/cm² a los 28 días.

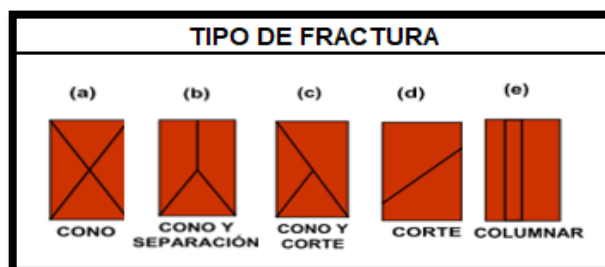
Evidenciándose que la mezcla con 15% de vacíos tuvo la mayor resistencia, y la mezcla de 25% de vacíos tuvo la menor resistencia, teniendo entre ambas una diferencia de 24.93 kg/cm². Mientras que la mezcla con diseño Óptimo de 24% de vacíos obtuvo una resistencia de 210.15 kg/cm², valor muy cercano a la resistencia de diseño.

5.6 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 20: Tipos de Fracturas



Fuente: Elaboración Propia

5.7 ANÁLISIS DEL COSTO DE MATERIALES POR METRO CÚBICO PARA CADA MEZCLA

Tabla 10: Análisis de Costos de Materiales por m3 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 ³	0.160	2.50	0.40	
	AGR. GRUESO	m ³	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m ³	0.003	20000.00	60.00	
20% VACIOS	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 350.82
	AGUA	m ³	0.113	2.50	0.28	
	AGR. GRUESO	m ³	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m ³	0.002	20000.00	40.00	
25% VACIOS	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 330.74
	AGUA	m ³	0.079	2.50	0.20	
	AGR. GRUESO	m ³	0.378	80.00	30.24	
	ADITIVO	m ³	0.001	20000.00	20.00	
24% Optimo	CEMENTO	kg	500.54	0.56	280.30	S/ 370.88
	AGUA	m ³	0.136	2.50	0.34	
	AGR. GRUESO	m ³	0.378	80.0	30.24	
	ADITIVO	m ³	0.003	20000.00	60.00	

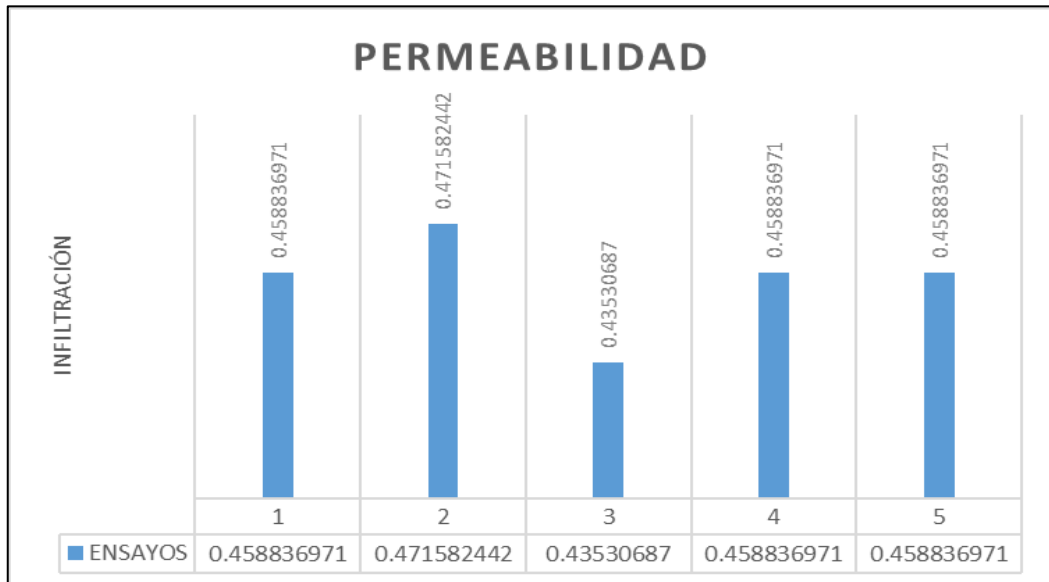
Fuente: Elaboración Propia

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.

5.8 ANÁLISIS DE LA PERMEABILIDAD

Ilustración 21: Diagrama de Barras 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 0.457 cm/s, el cual está dentro del rango de concreto permeable que esta entre 0.2 a 0.54 cm/s.

5.9 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 VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 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/cm², obteniendo los valores de 233.29 kg/cm², 220.22 kg/cm², 210.15 kg/cm² y 208.36 kg/cm² 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/cm².
- 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/cm². 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.

6.2 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 VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENITES BUSTAMANTE, JUAN. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL CONCRETO PERMEABLE USANDO AGREGADOS DE LA CANTERA RÍO JEQUETEPEQUE Y EL ADITIVO CHEMAPLAST. TESIS (TÍTULO PROFESIONAL). CAJAMARCA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, 2014. 80 PP.
- AYERS, R (2013). PERMEABILIDAD Y POROSIDAD EN CONCRETO. JOURNAL OF THE INSTITUTION OF ENGINEERS, 100(2), 169-187.
- LÓPEZ PALACIOS, EMILIANO (2012), CONTROL DE CALIDAD Y COLOCACIÓN DE CONCRETOS PERMEABLES (TESIS DE PREGRADO). UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, COCHACÁN, MÉXICO.
- 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.

- GUIZADO BARRIOS, AGNETH Y CURI GRADOS, ELVIS. EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE COMO UNA ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DE LAS AGUAS PLUVIALES EN VÍAS LOCALES Y PAVIMENTOS ESPECIALES DE LA COSTA NOROESTE DEL PERÚ. TESIS (TÍTULO PROFESIONAL). LIMA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, 2017. 120 PP.
- 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 POLOTECNICA 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.
- RODRIGUEZ, ÁNGEL. PAVIMENTOS PERMEABLES. 2º. ED. DIVUL: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, 2015. 173 PP.
- CONTROL DE ESCORRENTÍAS URBANAS MEDIANTE PAVIMENTOS PERMEABLES: APLICACIÓN EN CLIMAS MEDITERRÁNEOS, GARCÍA HABA EDUARDO, UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA – 2011.

CAPÍTULO VIII: ANEXOS

RCA
RUC 1044733531

- * Estudio de mecanica de Suelos
- * Servicio de Ingenieria en General
- * Elaboracion de Expedientes tecnicos y Perfiles
- * y otros..

PESO INICIAL SEC. [GR]	5000.00
------------------------	---------

CURVA GRANULOMETRICA

Abertura, mm	% que passa
0.075	100
0.15	100
0.3	100
0.6	100
1.18	100
2.5	100
5.0	100
7.5	100
15	100
30	100
60	100
100	100

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

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 ³]	0.0092	0.0092	0.0092	0.0092
5. PESO UNITARIO	[Kg/M ³]	1423.00	1422.00	1572.00	1572.00
6. PESO UNITARIO PROMEDIO	[Kg/M ³]		1423.00		1572.00

ANEXO 2: Diseño de Mezclas Concreto Permeable 15% Vacíos

 RUC 10447335315	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA	* Estudio de mecánica de Suelos * Servicio de Ingeniería en General * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles * y otros..
TECNOLOGIA DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE		
TESIS :	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	
UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN	
REALIZADO :	TESISTAS: PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER - SINTI RÍOS RAFAEL BRISOL	
CANTERA :	RIO HUALLAGA	

DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS			
			GRAVA N° 8
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

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	%	=	15
Peso específico del cemento	gr/cm³	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	=	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 m³ (Vp)			0.220
Volumen de vacíos m³ (Vv)			0.150
Volumen del agregado m³	Vag = 1-(Vp+Vv)		0.630
Peso del agregado Kg			1669.5
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 =		500.542 Kg
--	-----	--	------------

Volumen de cemento m ³		0.159	
Cantidad de Agua Kg		177.69	
Volumen de agua m ³		0.178	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m³ de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m³	
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:			
	$\%V = (1-V_t) \times 100 =$	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 =	500.542	
Como la relación a/c = modifiko la nueva cantidad de agua es (Kg)		177.69241	
En base al pocentaje 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 =	1002.39	
Volumen de cemento Vc=c(3.15*1000) m ³ =		0.159	
Volumen de agua Va (m ³) =		0.178	
Volumen de agregado Vg'= g'/(p.e.*1000) m ³ =		0.378	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m3 de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m3	
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:			
	$\% V = (1-V_t) \times 100$	29	
Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según espificación 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 =	159.92		

El nuevo volumen de agua es:

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

El volumen del aditivo por m³ 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 m³ de concreto es:

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

Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:

$$V_{adi} \text{ del aditivo} = 0.003 \text{ m}^3$$

Peso del aditivo por m³ 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:

$$W_{adi} = 3.300 \text{ Kg}$$

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:

$$\%V = (1 - V_t) \times 1000 = 30.29 \%$$

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



CONSULTORA Y CONSTRUCTORA

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

TECNOLOGIA DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE

TESIS :	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
REALIZADO :	TESISTAS: PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER - SINTI RÍOS RAFAEL BRISOL
CANTERA :	RIO HUALLAGA

DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PESO ESPECÍFICO	[gr/cc]		GRAVA N° 8
ABSORCIÓN	[%]		2.65
PESO UNIT. SUELTO	[Kg/m³]		0.82
PESO UNIT. COMPACT.	[Kg/m³]		1423.00
TAM. MAX.	[pulg]		1572.00
TAM. MAX. NOMINAL	[pulg]		
MOD. FINEZA			2.55
CONT. HUMEDAD	[%]		0.85

CEMENTO PACASMAYO TIPO I

PESO ESPECÍFICO	[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	%	=	20
Peso específico del cemento	gr/cm³	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	=	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 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

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

c = 352.791 Kg

Volumen de cemento m ³		0.112	
Cantidad de Agua Kg		125.24	
Volumen de agua m ³		0.125	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m³ de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m³	
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-Vt)*100 =	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 =	352.791	
Como la relación a/c = modifiko la nueva cantidad de agua es (Kg)		125.240805	
En base al pocentaje 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 =	1002.39	
Volumen de cemento Vc=c(3.15*1000) m ³ =		0.112	
Volumen de agua Va (m ³) =		0.125	
Volumen de agregado Vg'= g'/(p.e.*1000) m ³ =		0.378	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m3 de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m3	
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-Vt)*100	38	
Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según espificación 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 =	112.72		

El nuevo volumen de agua es:		
$V_a = a''/1000 \text{ (m}^3\text{)}$	0.113	
El volumen del aditivo por m ³ 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 ³ de concreto es:		
Nº bolsas de cemento (c/42.5)	8.30	
Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:		
Vadi del aditivo =	0.002	m ³
Peso del aditivo por m ³ 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	Kg/m ³
Entonces:	$W_{adi} =$	2.326 Kg
Materiales finales para 1m ³ de concreto		
Material	Peso en Kg	Volumen en m ³
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:		
$\%V = (1 - V_t) \times 1000 =$	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



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

RUC 10447335315

- * Estudio de mecanica de Suelos
- * Servicio de Ingenieria en General
- * Elaboracion de Expedientes tecnicos y Perfiles
- * y otros..

TECNOLOGIA DEL CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE

TESIS :	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
REALIZADO :	TESISTAS: PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER - SINTI RÍOS RAFAEL BRISOL
CANTERA :	RIO HUALLAGA

DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS			
PESO ESPECÍFICO	[gr/cc]	GRAVA N° 8	2.65
ABSORCIÓN	[%]		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

CEMENTO PACASMAYO TIPO I

PESO ESPECÍFICO	[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	%	=	24
Peso específico del cemento	gr/cm³	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	=	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 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

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

c = 285.576 Kg

Volumen de cemento m ³		0.091	
Cantidad de Agua Kg		101.38	
Volumen de agua m ³		0.101	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m³ de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m³	
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 = modifco 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 Vc=c(3.15*1000) m ³ =		0.135	
Volumen de agua Va (m ³) =		0.151	
Volumen de agregado Vg'= g'/(p.e.*1000) m ³ =		0.378	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m3 de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m3	
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:

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

El volumen del aditivo por m³ de concreto es:

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

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 dosis del aditivo:

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

Peso del aditivo por m³ de concreto:

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

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

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

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

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

Materiales finales para 1m³ de concreto

Material	Peso en Kg	Volumen en m ³
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:

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

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



CONSULTORA Y CONSTRUCTORA

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

TECNOLOGIA DEL CONCRETO	
DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE	
TESIS :	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN
REALIZADO :	TESISTAS: PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER - SINTI RÍOS RAFAEL BRISOL
CANTERA :	RIO HUALLAGA

DISEÑO DE MEZCLAS CONCRETO PERMEABLE 2113R

CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS AGREGADOS			
PESO ESPECIFICO	[gr/cc]	GRAVA Nº 8	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

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/cm³	=	3.15
Peso específico del agregado	gr/cm³	=	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 m³ (Vp)		0.122
Volumen de vacios m³ (Vv)		0.250
Volumen del agregado m³	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 ³		0.078	
Cantidad de Agua Kg		87.34	
Volumen de agua m ³		0.087	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m³ de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m ³	
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:			
	$\%V = (1-V_t) \times 100 =$	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 =	246.031	
Como la relación a/c = modifiko la nueva cantidad de agua es (Kg)		87.341005	
En base al pocentaje 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 =	1002.39	
Volumen de cemento Vc=c/(3.15*1000) m ³ =		0.078	
Volumen de agua Va (m ³) =		0.087	
Volumen de agregado Vg'= g'/(p.e.*1000) m ³ =		0.378	
Materiales iniciales sin aditivo para 1m3 de concreto			
Material	Peso en Kg	Volumen en m3	
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:			
	$\% V = (1-V_t) \times 100$	46	
Ahora calculamos la cantidad de aditivo a usar y reducimos la cantidad de agua según espificación 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 espificación en su hoja técnica reducimos el agua en 10% entonces la nueva de cantidad de agua es:			
a'' = a' - 10%a =	78.61		

El nuevo volumen de agua es:		
$Va'' = a''/1000 \text{ (m}^3\text{)}$		0.079
El volumen del aditivo por m ³ 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 m ³ de concreto es:		
$N^\circ \text{ bolsas de cemento (c/42.5)}$		5.79
Reemplazando valores para determinar la dición del aditivo:		
Vadi del aditivo =	0.001	m ³
Peso del aditivo por m ³ 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	Kg/m ³
Entonces:	Wadi =	1.622 Kg
Materiales finales para 1m ³ de concreto		
Material	Peso en Kg	Volumen en m ³
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:		
$\%V = (1-Vt) \times 1000 =$	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: Secuencia de Diseño $f'c=210$ kg/cm² con el óptimo R A/C

 RUC 10447335315	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA	* Estudio de mecánica de Suelos * Servicio de Ingeniería en General * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles * y otros..																															
TECNOLOGIA DE CONCRETO DISEÑO DE MEZCLAS METODO A.C.I.																																	
	TESIS :	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN																															
	UBICACIÓN :	DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN																															
	REALIZADO :	TESISTAS: PANDURO SABOYA SEGUNDO JAVIER - SINTI RÍOS RAFAEL BRISOL																															
	CANTERA :	RIO HUALLAGA																															
PROCEDIMIENTO DE DOSIFICACION SECUENCIA DE DISEÑO $f'c = 210$ diseño con el óptimo R A/C																																	
	SLUMP REQUERIDO	3"																															
	TAM. MAX. AGREGADO	1"																															
	VOL. UNIT. DE AGUA	195.0	Lt.																														
	RELACION a/c	0.55																															
	CONTENIDO DE CEMENTO	355.0	kg/m ³																														
	VOL. AGREGADO GRUESO	0.669																															
	PORCENT. AIRE ATRAPADO	1.50	%																														
CARACTERISTICAS FISICAS DE AGREGADOS																																	
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:50%;">CRACTERISTICAS FISICAS</th> <th style="width:10%;">Ag. Fino</th> <th style="width:10%;">Ag. Grueso</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PESO ESPECIFICO [gr/cc]</td> <td>2.55</td> <td>2.68</td> </tr> <tr> <td>ABSORCION [%]</td> <td>2.04</td> <td>0.82</td> </tr> <tr> <td>PESO UNIT. SUELTO [Kg/m³]</td> <td>1268.00</td> <td>1388.00</td> </tr> <tr> <td>PESO UNIT. COMPACTADO [Kg/m³]</td> <td>1373.00</td> <td>1429.00</td> </tr> <tr> <td>TAM. MAX. [pulg]</td> <td></td> <td>1"</td> </tr> <tr> <td>TAM. MAX. NOMINAL [pulg]</td> <td></td> <td>3/4"</td> </tr> <tr> <td>MOD. FINEZA</td> <td>2.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CONT. HUMEDAD [%]</td> <td>2.58</td> <td>0.55</td> </tr> <tr> <td>PORCENT DE AGREG. [%]</td> <td>0.40</td> <td>0.60</td> </tr> </tbody> </table>				CRACTERISTICAS FISICAS	Ag. Fino	Ag. Grueso	PESO ESPECIFICO [gr/cc]	2.55	2.68	ABSORCION [%]	2.04	0.82	PESO UNIT. SUELTO [Kg/m ³]	1268.00	1388.00	PESO UNIT. COMPACTADO [Kg/m ³]	1373.00	1429.00	TAM. MAX. [pulg]		1"	TAM. MAX. NOMINAL [pulg]		3/4"	MOD. FINEZA	2.00		CONT. HUMEDAD [%]	2.58	0.55	PORCENT DE AGREG. [%]	0.40	0.60
CRACTERISTICAS FISICAS	Ag. Fino	Ag. Grueso																															
PESO ESPECIFICO [gr/cc]	2.55	2.68																															
ABSORCION [%]	2.04	0.82																															
PESO UNIT. SUELTO [Kg/m ³]	1268.00	1388.00																															
PESO UNIT. COMPACTADO [Kg/m ³]	1373.00	1429.00																															
TAM. MAX. [pulg]		1"																															
TAM. MAX. NOMINAL [pulg]		3/4"																															
MOD. FINEZA	2.00																																
CONT. HUMEDAD [%]	2.58	0.55																															
PORCENT DE AGREG. [%]	0.40	0.60																															
CEMENTO PACASMAYO TIPO I NORMAL																																	
	PESO ESPECIFICO [gr/cc]	3.11																															
	RELACION A/C	195/355	0.55																														
VOLUMEN DE LA MEZCLA																																	
	CEMENTO	0.114	m ³																														
	AGUA	0.195	m ³																														
	AIRE	0.015	m ³																														
	VOLUMEN DE PIEDRA	0.357	m ³																														
		0.681																															
	VOL. PARCIAL DE MEZCLA	0.319	m ³																														
PESOS SECOS DE AGREGADOS																																	
	ARENA	814.00	m ³																														
	PIEDRA	956.00	m ³																														
		1770.00																															

HUMEDAD SUPERFICIAL DE AGREGADOS				
HUMEDAD - ABSORCION				
ARENA		0.54		
PIEDRA		-0.27		
APORTE DE HUMEDADES DE LOS AGREGADOS				
ARENA		4.40	Lt.	
PIEDRA		<u>-2.60</u>		
		1.80		
AGUA EFECTIVA				
		193.20	Lt.	
DISEÑO EFECTIVO [EN LABORATORIO]				
CEMENTO	355.00		Kg/m ³	
AGUA	193.20		Lt/m ³	
ARENA	797.00		Kg/m ³	
PIEDRA	974.00		Kg/m ³	
	1771.00			
TANDA DE LABORATORIO en m ³		0.0270		
CEMENTO	9.590		Kg	
AGUA	5.220		Lt.	
ARENA	21.520		Kg	
PIEDRA	26.300		Kg	
PROPORCION EN PESO				
CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA	
355/355	797/355	974/355	193.2*42.5/355	
1.00	2.20	2.70	23.10	Lt./bolsa
PESO UNITARIO DE AGREGADOS				
ARENA	1301.00		Kg/m ³	
PIEDRA	1396.00		Kg/m ³	
PESOS POR PIE CUBICO DE MATERIALES				
CEMENTO	42.50		Kg/p ³	
AGUA	23.10		Lt/p ³	
ARENA	37.20		Kg/p ³	
PIEDRA	39.90		Kg/p ³	
PESOS POR TANDA DE UN SACO				
CEMENTO	42.50		Kg/saco	
AGUA	23.10		Lt/saco	
ARENA	93.50		Kg/saco	
PIEDRA	114.80		Kg/saco	
PIES CUBICOS POR SACO [DOSIFICACION EN VOLUMEN]				
CEMENTO	1.00		pie ³ /saco	
AGUA	23.10		Lt/saco	
ARENA	2.50		pie ³ /saco	
PIEDRA	2.90		pie ³ /saco	
DOSIFICACION PARA OBRA				
CEMENTO	ARENA	PIEDRA	SLUMP	RES. A LOS 7 DIAS
1.00 P ³	2.50 P ³	2.90 P ³	3.7"	Kg/cm ²

ANEXO 7: Dosificación y elaboración de probetas de concreto



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

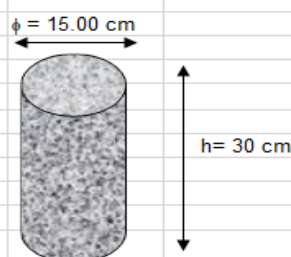
RUC 10447335315

* Estudio de mecánica de Suelos
* Servicio de Ingeniería en General
* Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
* y otros..

DOSIFICACION Y ELABORACIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

1.- Cálculo de áreas y volúmenes:

a).- MOLDE PARA LA ELABORACION DE PROBETA:



a).- Cálculo del Área del Molde (Especimen de concreto)

$$Ae = \pi \cdot D^2 / 4$$

Datos:

Ae = área del espécimen	176.72
$\pi = 3.1416$	3.1416
D = Diámetro del Molde	15

$$Ae = (3.1416)(15)^2 / 4 = \boxed{176.72} \text{ cm}^2$$

$$Ae = 176.72 \text{ cm}^2$$

b).- Cálculo del Volumen del Molde

$$Ve = 5301.45 \text{ cm}^3$$

$$Ve = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot h$$

Datos:

Ae = área del espécimen	176.72
$\pi = 3.1416$	3.1416
D = Diámetro del Molde	15
h = Altura del Molde	30

$$Vm = ((3.1416)(15)^2) \times 30 / 4 = \boxed{5301.45} \text{ cm}^3 \quad 0.00530$$

$$\boxed{0.00530} \text{ m}^3$$

2.- Dosificación:

a) Diseño efectivo de Laboratorio

CEMENTO =	355.00	Kg/m ³
AGUA =	193.20	Kg/m ³
ARENA =	797.00	Kg/m ³
PIEDRA =	974.00	Kg/m ³
P. Unitario C° =	2319.2	Kg/m ³

$$P. \text{ Unitario C}^\circ \times \text{Unidad} = 2341 \times 0.00530$$

$$P. \text{ Unitario C}^\circ \times \text{Unidad} = \boxed{12.30} \text{ Kg}$$

b) Proporción por espécimen

CEMENTO =	1.88	Kg	= 414 * 0.00530
AGUA =	1.02	Kg	= 219.30 * 0.00530
ARENA =	4.23	Kg	= 769.00 * 0.00530
PIEDRA =	5.16	Kg	= 939 * 0.00530
P. Especimen =	12.30	Kg	

$$\text{Se deberá adicionar un \% de Desperdicio se Recomienda 30\%} = \boxed{1.3}$$

CEMENTO =	2.45	Kg	= 2.19 * 1.30
AGUA =	1.33	Kg	= 1.16 * 1.30
ARENA =	5.49	Kg	= 4.08 * 1.30
PIEDRA =	6.71	Kg	= 4.98 * 1.30

$$\text{Cantidad por N}^\circ \text{ de Probetas} = \boxed{3}$$

CEMENTO =	7.34	Kg	= 2.45 * 3
AGUA =	3.99	Kg o Litros	= 1.33 * 3
ARENA =	16.48	Kg	= 5.49 * 3
PIEDRA =	20.14	Kg	= 6.71 * 3

ANEXO 8: Calculo de rotura de espécimen de concreto

	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA	* Estudio de mecanica de Suelos * Servicio de Ingenieria en General * Elaboracion de Expedientes tecnicos y Perfiles * y otros..								
CALCULO DE ROTURA DE ESPECIMEN DE CONCRETO										
1.- PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE ROTURA DE ESPECIMENES DE CONCRETO										
a).- N° DE CILINDRO.- Se colocara el N° de especimen del concreto (Ejemplo E-01, E-02) b).- DESCRIPCION.- Se describe el nombre del especimen o muestra ejemplo (Especimen de prueba de resistencia f'c 210 Kg/cm²) c).- FECHA DE MOLDEO.- Se colocara el día en la que se elaboro el especimen de concreto (Ejemplo 15/07/2016) d).- FECHA DE ROTURA.- Se colocara el día en que se realizara la rotura del especimen (ejemplo 22/07/2016) e).- EDAD DIAS.- Es la diferencia entre la fecha de rotura menos la fecha de moldeo (22/07/2016-15/07/2016 = 7 días) f).- REVENIMIENTO O ASENTAMIENTO.- Es el asentamiento esperado para el cual se ha diseñado el concreto (Ejemplo 3" a 4") g).- DIAMETRO DEL ESPECIMEN.- Es el diámetro del especimen de concreto (Ejemplo = 15.00 cm)										
2.- CALCULO DE LA DENSIDAD DEL CONCRETO gr/cm³										
a).- Peso del Especimen del concreto	13020	gr								
b).- Volumen del especimen de concreto	5301.45	cm³								
c).- Densidad del concreto	2.46	gr/cm³								
3.- ROTURA DEL ESPECIMEN DE CONCRETO Kg/cm²										
a.- Carga aplicada del equipo.- Viene hacer el resultado obtenido del equipo Ejemplo (26050) Kg b.- Calculo de áreas y volúmenes:										
	b.1).- Calculo del Área del especimen de concreto									
	$A_e = \pi \cdot D^2 / 4$	<u>Datos:</u> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Ae = área del espécimen</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">176.72</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">π = 3.1416</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">3.1416</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">D = Diámetro del Molde</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">15</td> </tr> </table>	Ae = área del espécimen	176.72	π = 3.1416	3.1416	D = Diámetro del Molde	15		
Ae = área del espécimen	176.72									
π = 3.1416	3.1416									
D = Diámetro del Molde	15									
	$A_e = (3.1416)(15)^2 =$	176.72 cm²								
Ae =	176.72	cm²								
b.2).- Calculo del Volumen del Molde										
	$V_e = (\pi \cdot D^2 / 4) \cdot h$	<u>Datos:</u> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Ae = área del espécimen</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">176.72</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">π = 3.1416</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">3.1416</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">D = Diámetro del Molde</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">15</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">h = Altura del Molde</td> <td style="text-align: center; padding: 2px;">30</td> </tr> </table>	Ae = área del espécimen	176.72	π = 3.1416	3.1416	D = Diámetro del Molde	15	h = Altura del Molde	30
Ae = área del espécimen	176.72									
π = 3.1416	3.1416									
D = Diámetro del Molde	15									
h = Altura del Molde	30									
	$V_m = ((3.1416)(15)^2) \times 30 =$	5301.45 cm³								
		0.00530								
		0.00530 m³								
c.- Calculo de la Resistencia del especimen de concreto.- Es la división de la carga aplicada/el area del especimen de concreto										
c.1.- Carga aplicada obtenida (	26050	) Kg								
c.2.- Area del especimen de C°(	176.72	) cm²								
Resistencia de Concreto	147.41	Kg/cm²								
d.- Resistencia del especimen del concreto en %- Es la división de la resistencia del Concreto/f'c de diseño multiplicado *100										
d.1.- Resistencia del Concreto (	147.41	) Kg/cm²								
d.2.- f'c de diseño (	210	) Kg/cm²								
Resistencia del concreto en %	70	%								
INTERPRETACION DEL RESULTADO										
ESPECIFICACION TECNICA REQUERIDA		RESULTADO OBTENIDO								
70 - 80%		70%								

ANEXO 9: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días (15%,20% y 25%)



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : PSJ Y SRR 001-2021

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL
EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN

FECHA : 09/06/2021

RESISTENCIA : 210 Kg/cm²

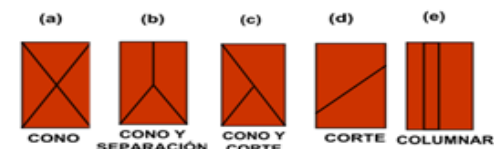
HORA : 7:12 am a 7:22 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F' C DISEÑO (kg/cm ²)	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	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	02/06/2021	09/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.44	26,530.00	176.71	150.13	210	71.49	E

OBSERVACIONES:

- 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

TIPO DE FRACTURA



ANEXO 10: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días (15%, 20% y 25%)



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

* Estudio de mecánica de Suelos
* Servicio de Ingeniería en General
* Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
* y otros..

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : PSJ Y SRR 001-2021

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL
EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN

FECHA : 16/06/2021

RESISTENCIA : 210 Kg/cm²

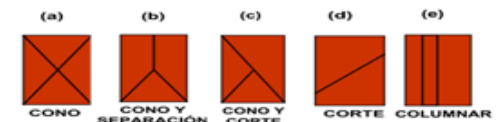
HORA : 7:10 am a 7:20 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLEDO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'CDISEÑO (kg/cm ²)	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	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	02/06/2021	16/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.45	29,700.00	176.71	168.07	210	80.03	D

OBSERVACIONES:

- 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

TIPO DE FRACTURA



ANEXO 11: Pruebas de Resistencia la Compresión 28 días (15%, 20% y 25%)



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : PSU Y SRR 001-2021

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL
EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN

FECHA : 30/06/2021

RESISTENCIA : 210 Kg/cm²

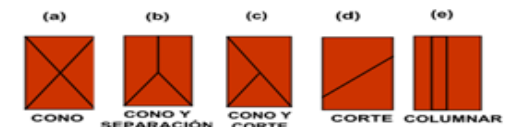
HORA : 8:20 am a 8:31 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/cm ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F' C. DISEÑO (kg/cm ²)	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 15% AC=0.355	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	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	02/06/2021	30/06/2021	28.00	0.04	15.00	1.65	36,840.00	176.71	208.47	210	99.27	C

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especímenes 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



ANEXO 12: Pruebas de Resistencia la Compresión 7 días para 24% Vacíos

 RQA RUC 10447335315	CONSULTORA Y CONSTRUCTORA	★ Estudio de mecánica de Suelos ★ Servicio de Ingeniería en General ★ Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles ★ y otros...											
<u>PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO</u> ASTM : C 39 - 2004													
ASTM : C 39-2004		CERTIFICADO : PSJ Y SRR 001-2021											
TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN													
UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN													
MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"													
DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN		FECHA : 11/06/2021											
RESISTENCIA : 210 Kg/cm ²		HORA : 8:40 am a 8:52 am											
N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F' C. DISEÑO (kg/cm ²)	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.47	26,050.00	176.71	147.41	210	70.20	E
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.47	26,060.00	176.71	147.47	210	70.22	E
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.47	26,030.00	176.71	147.30	210	70.14	E
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.52	30,850.00	176.71	174.58	210	83.13	E
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.53	30,900.00	176.71	174.86	210	83.27	E
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.52	30,870.00	176.71	174.69	210	83.18	E
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.64	37,150.00	176.71	210.23	210	100.11	E
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.64	37,120.00	176.71	210.06	210	100.03	E
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	11/06/2021	7.00	0.04	15.00	1.64	37,140.00	176.71	210.17	210	100.08	E
OBSERVACIONES: 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										TIPO DE FRACTURA (a)  CONO (b)  CONO Y SEPARACIÓN (c)  CONO Y CORTE (d)  CORTE (e)  COLUMNAR			

ANEXO 13: Pruebas de Resistencia la Compresión 14 días para 24% Vacíos



CONSULTORA Y CONSTRUCTORA

- ★ Estudio de mecánica de Suelos
- ★ Servicio de Ingeniería en General
- ★ Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- ★ y otros..

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : PSJ Y SRR 001-2021

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN

FECHA : 18/06/2021

RESISTENCIA : 210 Kg/cm²

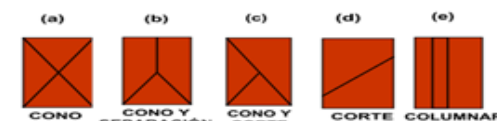
HORA : 7:29 am a 7:39 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD DIAS	ASENT. (PLUG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F'CDISEÑO (kg/cm ²)	% CERTIFICADO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,180.00	176.71	210.40	210	100.19	D
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,160.00	176.71	210.28	210	100.13	D
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,190.00	176.71	210.45	210	100.22	D
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,170.00	176.71	210.34	210	100.16	D
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	D
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,100.00	176.71	209.94	210	99.97	D
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	D
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,150.00	176.71	210.23	210	100.11	D
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	18/06/2021	14.00	0.04	15.00	1.64	37,180.00	176.71	210.40	210	100.19	D

OBSERVACIONES:

- 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

TIPO DE FRACTURA



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



**CONSULTORA Y
CONSTRUCTORA**

- * Estudio de mecánica de Suelos
- * Servicio de Ingeniería en General
- * Elaboración de Expedientes técnicos y Perfiles
- * y otros..

PRUEBAS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO

ASTM : C 39 - 2004

ASTM : C 39-2004

CERTIFICADO : PSJ Y SRR 001-2021

TESIS : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTO, UTILIZANDO CONCRETO PERMEABLE PARA EL CONTROL DEL DRENAJE PLUVIAL
EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

UBICACION : DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTIN

MATERIAL : ESPECIMENES DE CONCRETO DE 6" X 12"

DISPOSITIVO : AUTOMATICO A 1.33 MM/MIN

RESISTENCIA : 210 Kg/cm²

FECHA : 02/07/2021

HORA : 9:12 am a 9:25 am

N° DE CILINDRO	DESCRIPCION	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	ASENT. (PULG.)	DIAMETRO (cm)	DENSIDAD (kg/m ³)	CARGA Kg-f	AREA (cm ²)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	F' C DISEÑO (kg/cm ²)	% OBTENIDO	Tipo de Rotura
1.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,190.00	176.71	210.45	210	100.22	C
2.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,170.00	176.71	210.34	210	100.16	C
3.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,180.00	176.71	210.40	210	100.19	C
4.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	C
5.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	C
6.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	C
7.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,200.00	176.71	210.51	210	100.24	C
8.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,180.00	176.71	210.40	210	100.19	C
9.00	D/M=C/A=3/8 AL 24% AC=0.355	04/06/2021	02/07/2021	28.00	0.04	15.00	1.64	37,210.00	176.71	210.57	210	100.27	C

OBSERVACIONES:

- Las roturas de los especímenes 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



ANEXO 15: Determinación del Coeficiente de Permeabilidad

DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

Dimensiones de la Muestra : Diámetro 15.00 cm Area 176.72 cm²

EQUIPO : Altura (h): 30 Volumen : 5301.45

Ensayo N°	Equipo	Tipo de Recepción Fluido	T° °C	Area cm ²	i Constante	Caudal (Q) cm ³	Lectura del Tiempo seg	K cm/seg	K ₂₀ 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
			23					0.45666712	0.3716813717

Coeficiente de Permeabilidad k = 0.456667123 cm/s

Coeficiente de Permeabilidad k₂₀ t°C = 0.371681372 cm/s

K = 3.72E-01 0.372 x 10⁻¹

OBSERVACIONES: