

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO
UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS,
CAJAMARCA 2020**

TESIS:

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

AUTORES:

Bach. RIOS MIÑANO, CHARLES JORGE
Bach. LAYZA VASQUEZ, LEISHMAN JACOB

ASESOR:

ING. ENRIQUE MANUEL DURAND BAZAN

**TRUJILLO – PERÚ
2020**



HOJA DE FIRMAS

El ingeniero asesor y los ingenieros miembros del jurado evaluador que están asignados para calificar, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller Rios Miñano, Charles Jorge y el Bachiller Layza Vásquez, Leishman Jacob, la tesis se denomina:

**INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO
UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020**

Autores:

Bach. Rios Miñano, Charles Jorge
Bach. Laiza Vásquez, Leishman Jacob

Ing.
Jurado Presidente

Ing.
Jurado Secretario

Ing.
Jurado Vocal

RIOS MIÑANO, CHARLES JORGE
LAYZA VASQUEZ, LEISHMAN JACOB



DEDICATORIA

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por brindarme la vida para llegar a este momento y poner en mi camino a las personas que me ayudaron a culminar con éxito esta etapa de mi vida.
- Mis Padres** Rios Risco Jorge Juan que desde el cielo me estas cuidando y Miñano Vera Dany Marilú, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, por sus enseñanzas y su gran amor, ya que sin ellos todo esto no habría sido posible.
- A mi Hijo** Rios Jara, Edder Joaquín, por ser mi motor y motivo por el cual todo sacrificio vale la pena ser tomado.
- A mis Abuelos** Miñano Méndez, Carlos Pedro y Vera Valverde, Enma Adriana, por el inmenso amor, consejos y constante aliento.
- A mis Hermanos** Jhosep, Bryan, Katherine, Jorgito y Erickcito por no solo ser mis hermanos sino mis amigos.
- A mis Tíos** Li, Wildo, Edgard, Eyden Mercedes, Charlene, Hugo y mis tíos políticos Amelia, Nelly, Mary, y Sra. Mercedes por los muchos consejos, muestras de cariño, afecto, el aliento insaciable y por creer en mí.
- A mi Tío** Miñano Vera Edder Benni, por tu inmenso cariño, ya que por ti fue toda esta odisea y sé que desde el cielo me sigues cuidando.
- A mis Primos** Anneliesse, Alessandra, Christy, Mishel, Daniela, Kerlyn, Korayma, Claudia, Ronaldo, Jheferson, Brandon, por su cariño, respeto e inmenso afecto que sienten por mí.

Bach. RIOS MIÑANO, CHARLES JORGE



AGRADECIMIENTO

Universidad Privada de Trujillo

A mi institución educativa superior por la formación académica y profesional por la oportunidad de poder alcanzar una nueva etapa en mi vida en el campo del conocimiento.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme las herramientas necesarias y el apoyo constante para ser un buen profesional sobre todo al Ingeniero Enrique Durand Bazán.

A mi Asesor

Al Ingeniero Enrique Durand Bazán por compartir su experiencia, su apoyo y motivación constante en la elaboración de este trabajo de investigación

A mis compañeros de la Facultad

Ya que durante estos años de estudio aprendí mucho de ellos como el compañerismo, tolerancia, apoyo y compromiso para sobrellevar obstáculos de nuestra vida laboral.

Bach. RIOS MIÑANO, CHARLES JORGE



DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis padres, Juan Layza Sánchez y María Catalina Vásquez Escobedo, por ser el motor y mi fuerza en cada etapa de mi vida, por los buenos consejos, por enseñarme a darlo todo en cada proyecto que emprendo, por los valores que me inculcaron desde pequeño, por el cariño y la comprensión incondicional que siempre me han tenido, por el enorme sacrificio que han hecho para poder lograr esta meta.

A mis hermanos, por todo el apoyo que siempre me han brindado, por las palabras de ánimo que me dieron en los momentos difíciles, por la paciencia que siempre han tenido. A mi sobrina Pamela Paredes Layza, por enseñarme a vivir la vida siempre con una sonrisa.

A mi amigo y compañero de tesis, por la colaboración brindada en el transcurso de la elaboración de esta tesis, por la amistad y el compromiso mostrado hasta la culminación de este proyecto. Y a todas las personas que nos apoyaron en el proceso de elaboración de esta tesis.

Bach. LAYZA VASQUEZ, LEISHMAN JACOB



AGRADECIMIENTO

Agradecer primero adiós por la vida y la salud, por la fuerza para seguir adelante en los momentos de angustia, por el entendimiento que nos dio para resolver los problemas que se nos presentaron durante el desarrollo de esta tesis, por la oportunidad que nos dio llegar hasta esta instancia.

A toda mi familia, en especial a mis padres Juan y María Catalina, y a mis hermanos Juan Smith y Danis Janeet, por su gran apoyo que hizo posible que pudiera culminar mis estudios universitarios, por su cariño y confianza que me brindaron a lo largo de esta etapa universitaria.

A nuestro asesor el ingeniero Enrique Durand, por poner su experiencia nuestra disposición, por su apoyo y conocimientos que nos brindó, por las recomendaciones y aportes que nos hizo durante la elaboración de esta investigación.

A la Universidad Privada de Trujillo, por la formación académica que nos brindó durante esta esta universitaria, por brindarnos todos los conocimientos necesarios para poder desenvolvemos como profesionales en la sociedad. A los docentes por sus enseñanzas que guiaron esta investigación.

Bach. LAYZA VASQUEZ, LEISHMAN JACOB



INDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE GRÁFICOS	xvi
INDICE DE ANEXOS.....	xvii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
1.1. Realidad Problemática.....	1
1.2. Formulación del problema.....	8
1.3. Justificación.	8
1.4. Objetivos.	10
1.4.1. Objetivo General.	10
1.4.2. Objetivos Específicos.	10
1.5. Antecedentes.	10
1.6. Bases Teóricas.....	15
1.7. Definición de términos básicos.....	39
1.8. Formulación de la hipótesis.....	40



1.9.	Propuesta de aplicación profesional.	40
II.	MATERIAL Y MÉTODOS.	42
2.1.	Material.	42
a)	Materiales.	42
b)	Humanos.	47
c)	Servicios.	47
2.2.	Material de estudio.	47
2.2.1.	Tipo de diseño de investigación.	47
2.2.2.	Población.	48
2.2.3.	Muestra.	48
2.3.	Técnicas, procedimientos e instrumentos.	50
2.3.1.	De recolección de datos.	50
2.3.2.	De procesamiento de datos.	51
2.4.	Operacionalización de variables.	52
2.5.	Procedimiento de desarrollo de la tesis.	54
2.5.1.	Ensayos de Agregados:	54
2.5.2.	Diseño de mezcla patrón de concreto permeable, usando diferentes porcentajes de vacíos según el método ACI 211 – 3R.	64
2.5.3.	Elaboración de prueba de mezcla aumentando distinto porcentaje de vacío.	69
2.5.4.	Preparación del concreto permeable y realización del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón de 15% de vacíos, según la Norma Técnica Peruana 339.033/ ASTM C-31.	70



2.5.5.	Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión del concreto poroso adicionando varios porcentajes de vacíos 15%, 17%, 19% y 23% según la Norma Técnica Peruana 339.033.	81
2.5.6.	Ensayo de resistencia a la flexión del concreto poroso:	87
2.5.7.	Ensayo de permeabilidad del concreto poroso:	88
III.	RESULTADOS.....	92
3.1.	Resultado de Ensayos del Agregado Grueso	92
3.1.1.	Ensayo Análisis Granulométrico	92
3.1.2.	Ensayo Contenido de Humedad.....	93
3.1.3.	Ensayo Peso Específico:	94
3.1.4.	Ensayo Peso Unitario Suelto (PUS).....	94
3.1.5.	Ensayo peso Unitario Compactado (PUC).....	95
3.2.	Resultados de Diseños de Mezclas	95
3.2.1.	Diseño de Mezcla 15 % de Vacíos	96
3.2.2.	Diseño de mezcla 17 % de vacíos.....	97
3.2.3.	Diseño de mezcla 19 % de vacíos.....	98
3.2.4.	Diseño de mezcla 23 % de vacíos.....	99
3.3.	Resultados ensayos concreto fresco.....	100
3.4.	Resultados ensayos concreto endurecido.....	100
3.4.1.	Resultado de ensayo resistencia a la compresión.....	100
3.4.2.	Resultado de ensayo resistencia a la flexión	102
3.4.3.	Resultado de ensayo de permeabilidad	103



IV.	DISCUSIÓN	105
V.	CONCLUSIONES	107
VI.	RECOMENDACIONES	110
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
	ANEXOS:	121



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Proporcionamiento de materiales en el concreto permeable.....	32
Tabla 2 – Propiedades típicas en el concreto permeable.....	32
Tabla 3 – Valores Específicos	32
Tabla 4 – Consistencia	33
Tabla 5 – Tamaño máximo del agregado	33
Tabla 6 – Requisitos normados granulométricos para el agregado grueso	44
Tabla 7 - Cuadro de muestreo	49
Tabla 8 - Operacionalización de variable	53
Tabla 9 - Valores definidos:	64
Tabla 11 - Límites de granulometría agregado Grueso (Huso granulométrico #8 Tamaño Máximo Nominal 1/2")	70
Tabla 12 - Análisis granulométrico agregado grueso.	92
Tabla 13 - Contenido de humedad del agregado grueso.	93
Tabla 14 - Peso Específico del agregado grueso.	94
Tabla 15 - Peso Unitario Suelto del agregado grueso.	94
Tabla 16 - Peso Unitario Compactado del agregado grueso.	95
Tabla 17 - Cantidad de materiales para 1 m ³ de concreto.	96
Tabla 18 - Cantidad de materiales para 6 probetas.	96
Tabla 19 - Cantidad de materiales para 2 vigas.	96
Tabla 20 - Cantidad de materiales para 1 m ³ de concreto.	97
Tabla 21 - Cantidad de materiales para 6 probetas.	97
Tabla 22 - Cantidad de materiales para 2 vigas.	97
Tabla 23 - Cantidad de materiales para 1 m ³ de concreto.	98
Tabla 24 - Cantidad de materiales para 6 probetas.	98
Tabla 25 - Cantidad de materiales para 2 vigas.	98



Tabla 26 - Cantidad de materiales para 1 m ³ de concreto.	99
Tabla 27 - Cantidad de materiales para 6 probetas.	99
Tabla 28 - Cantidad de materiales para 2 vigas.	99
Tabla 29 - Resultados concreto fresco.	100
Tabla 30 - Resultados resistencia a la compresión con 15% de vacíos.	101
Tabla 31 - Resultados resistencia a la compresión con 17% de vacíos.	101
Tabla 32 - Resultados resistencia a la compresión con 19% de vacíos.	101
Tabla 33 - Resultados resistencia a la compresión con 23% de vacíos.	102
Tabla 34 - Resultados resistencia a la flexión de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.	103
Tabla 35 - Resultados promedio permeabilidad.	104



INDICE DE FIGURAS

Figura:1 - Grava de 1/2 y tamices	54
Figura 2 - Balanza de aproximación.....	55
Figura 3 - Horno de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$	55
Figura 4 - Muestra secada en el Horno.....	56
Figura 5 - Se agrega la muestra en los tamices.....	57
Figura 6 - Proceso de movimiento en los tamices	57
Figura 7 - Se retira las muestras en cada Tamiz	57
Figura 8 - Pesado del material retenido en cada tamiz	58
Figura 9 - Pesado de tara y muestras + tara.....	59
Figura 10 - Se coloca las muestras en el horno 24h.....	59
Figura 11 - Pesado del material secado en el horno	60
Figura 12 - Muestra secada en el horno.....	63
Figura 13 - Pesado de muestra sumergida en agua.....	63
Figura 14 - Pesado de muestra secada al horno y pesada una tercera vez	63
Figura 15 – Mezclador de concreto, Cilindro de metal	72
Figura 16 – Barra compactadora	72
Figura 17 – Cilindros Metálicos (Moldes Probetas).....	72
Figura 18 – Pesado de materiales para el concreto poroso	73
Figura 19 – Se coloca el agregado y cemento a la mezcladora.....	74
Figura 20 – se agrega el agua.....	74
Figura 21 - Procedimiento para medir el asentamiento.	75
Figura 22 – Cono de Abrams	75
Figura 23 – Se lleca el concreto en 3 capas	75
Figura 24 – Cada capa se da 25 golpes con la barra	76
Figura 25 – Se nivela la parte superior	76

Figura 26 – Se levanta el cono y se mide el asentamiento.....	76
Figura 27 – Se pesa y se calcula el volumen del molde metálico	77
Figura 28 – Se llena el concreto en el molde en 3 capas	77
Figura 29 – Se da 25 golpes uniformes por capa.....	78
Figura 30 – Se nivela y pesa el molde lleno de concreto.....	78
<i>Figura 31</i> – <i>Muestras en la poza de curado a 28 días</i>	79
Figura 32 – Probetas patrón de 15% antes de la prueba	80
Figura 33 – Carga máxima soportada por las probetas patrón 15%.....	80
Figura 34 – Pesado de los agregados, agua y cemento para el concreto de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.	82
Figura 35 – Todos los agregados son mezclados uniformemente.....	82
Figura 36 – Se procede a evaluar la consistencia del concreto slump	82
Figura 37 – Se mide el asentamiento de los concretos con 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.	83
Figura 38 – Se pesa y mide el recipiente metálico para saber el peso y volumen.....	83
Figura 39 – Llenado y compactado de concreto en 3 niveles con 25 golpes cada uno. ...	84
Figura 40 – Llenado y compactado de las vigas en 3 niveles con 25 golpes cada uno. ...	84
Figura 41 – Se pesa las probetas y vigas llenas con concreto para anotar el peso.	84
Figura 42 – Se saca las probetas y vigas a ensayar a 28 días de curado	85
Figura 43 – Probetas etiquetadas de 15%, 17%, 19% y 23% antes de la prueba	86
Figura 44 – Carga máxima soportada por las probetas 15%, 17%, 19% y 23%.	86
Figura 45 – Probetas ya ensayadas.....	87
Figura 46 – Partes del Permeámetro para ensayo de permeabilidad.	89
Figura 47 – Construcción del permeámetro para el ensayo de permeabilidad.	90
Figura 48 – Permeámetro terminado	90
Figura 49 – Permeámetro en ensayo	91



Figura 50 – Prueba de permeabilidad de la viga.....91



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Diseño de investigación.....	48
Gráfico 2 – Técnica de muestreo.....	49
Gráfico 3 – Instrumentos de recolección de datos	51
Gráfico 4 - Clasificación de variables	52
Gráfico 5 - La relación contenido de vacíos y contenido de pasta para el agregado de 1/2"	65
Gráfico 6 – Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la compresión del concreto permeable.	68
Gráfico 7 – Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la flexión para concreto permeable.....	68
Gráfico 8 - Relación entre el contenido de aire y la velocidad de infiltración para concreto permeable.	69
Gráfico 9 – Curva Granulométrica	93
Gráfico 10 - Resistencia promedio obtenida para cada diseño de mezcla (kg/cm ²).	102
Gráfico 11 - Resistencia promedio obtenida para cada diseño de mezcla (kg/cm ²).	103
Gráfico 12 - Permeabilidad promedio obtenida en los ensayos (mm/s).....	104



INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 – Análisis Granulométrico	121
Anexo 2 – Ensayo de contenido de humedad	122
Anexo 3 – Ensayo de peso específico del agregado grueso	123
Anexo 4 – Peso Volumétrico suelto del agregado grueso PUS	124
Anexo 5 – Peso Volumétrico Compactado del agregado grueso PUC	125
Anexo 6 – Diseño de mezcla para concreto permeable con 15% de vacíos.....	126
Anexo 7 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 17% de vacíos	133
Anexo 8 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 19% de vacíos	140
Anexo 9 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 23% de vacíos	147
Anexo 10 - Resultados resistencia a la compresión con 15% de vacíos.	154
Anexo 11 - Resultados resistencia a la compresión con 17% de vacíos.	155
Anexo 12 - Resultados resistencia a la compresión con 19% de vacíos.	156
Anexo 13 - Resultados resistencia a la compresión con 23% de vacíos.	157
Anexo 14 - Resultados resistencia a la flexión de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos...	158
Anexo 15 - Resultados ensayo de permeabilidad de 15% de vacíos.	159
Anexo 16 - Resultados ensayo de permeabilidad de 17% de vacíos.	160
Anexo 17 - Resultados ensayo de permeabilidad de 19% de vacíos.	161
Anexo 18 - Resultados ensayo de permeabilidad de 23% de vacíos.	162
Anexo 19 - Guía de observación N° 01	163
Anexo 20 - Guía de observación N° 02	164
Anexo 21 - Guía de observación N° 03	165
Anexo 22 - Guía de observación N° 04	166

RESUMEN

Este trabajo de investigación se realiza con el objetivo de dar solución a una problemática que aqueja a muchos pueblos de la sierra del Perú, que son afectados por inundaciones en sus calles, pases peatonales, estacionamientos entre otros, producto de las lluvias. Por lo que se plantea en esta investigación desarrollar un diseño de mezcla de un concreto poroso con alta capacidad de infiltración de agua, para lo cual se realizaron diseños de mezcla con porcentajes de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%, además de la permeabilidad del concreto poroso, también se evaluaron otras propiedades como la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión.

Para los ensayos se realizaron 24 probetas y 8 vigas, estas muestras fueron ensayadas a los 28 días de curado, los ensayos se realizaron de acuerdo a las NTP y de acuerdo a las especificaciones de las normas ACI 522.R-10 (Report on Pervious Concrete) y la ACI 211.3R-02 (Guide for Selecting Proportions for No – Slump Concrete).

Se realizaron los ensayos tanto en estado fresco como endurecido de las muestras, los más relevantes fueron: la resistencia a la compresión cuyos resultados para los porcentajes de vacíos fueron de 214.13 kg/cm², 152.5 kg/cm², 108.5 kg/cm², 79.04 kg/cm²; los de flexión 37.61 kg/cm², 34.91 kg/cm², 30.1 kg/cm², 23.76 kg/cm² y su permeabilidad fue de 1.966 cm/s, 2.188 cm/s, 2.451 cm/s y 3.446 cm/s respectivamente a cada porcentaje de vacíos de los diseños de mezcla elaborados.

Palabras Claves: Concreto poroso, diseño de mezcla, permeabilidad, flexión, compresión.

ABSTRACT

This research work is carried out with the objective of solving a problem that complains to many peoples of the Peruvian highlands, which are affected by flooding in their streets, pedestrian crossings, parking lots among others, due to the rains. Therefore, it is proposed in this research to develop a porous concrete mix design with high water infiltration capacity, for which mix designs with void percentages of 15%, 17%, 19% and 23% will be carried out, in addition to the permeability of porous concrete, other properties such as compressive strength and flexural strength were also evaluated.

For the tests, 24 specimens and 8 beams were made, these samples were tested after 28 days of curing, the tests were carried out according to the NTP and according to the specifications of the ACI 522.R-10 standards (Report on Pervious Concrete) and ACI 211.3R-02 (Guide for Selecting Proportions for No - Slump Concret).

The tests were carried out both in the fresh and hardened state of the samples, the most relevant were: resistance to compression, whose results for the void percentages were 214.13 kg / cm², 152.5 kg / cm², 108.5 kg / cm², 79.04 kg / cm²; those of bending 37.61 kg / cm², 34.91 kg / cm², 30.1 kg / cm², 23.76 kg / cm² and their permeability was 1,966 cm / s, 2,188 cm / s, 2,451 cm / s and 3,446 cm / s respectively at each percentage of gaps in the elaborate mix design.

Keywords: Porous concrete, mix design, permeability, bending, compression.

I. INTRODUCCIÓN:

1.1. Realidad Problemática.

El concreto es un material compuesto que consiste en un medio adherente en el que están embebidas partículas o fragmentos de agregados. El concreto es una mezcla de arena, piedra, agua y cementante hidráulico; que inicialmente tiene características de plasticidad y moldeabilidad, para posteriormente endurecer y adquirir propiedades resistentes permanentes, haciéndolo ideal como material de construcción. El concreto es el material más usado en el mundo después del agua. (Sika, 2017)

En el Reino Unido en el año 1853 el concreto poroso se usó por primera vez en la construcción de dos viviendas, en las cuales el concreto estaba compuesto básicamente de cemento y agregado grueso. El concreto poroso también fue empleado en la construcción de edificios, en países europeos a mediados del siglo XIX, utilizando este tipo de concreto en diferentes usos como: muros de carga, edificios de gran altura, paneles prefabricados, etc. (ACI 522R, 2010)

En países de Europa el concreto poroso es muy valorado por su capacidad de drenaje. En China por ejemplo es uno de los países que más usa este tipo de concreto, en el año 2008 este país colocó cerca de 2.7 millones de metros cuadrados de concreto permeable arquitectónico (decorativo) para los juegos olímpicos que se desarrollaron en la ciudad de Beijing. En Japón se ha utilizado concreto permeable no solo para construir superficies para el tránsito de vehículos y peatones, sino que se utilizó el concreto poroso también para estabilizar la vegetación de los márgenes de los ríos. (Aoki, Y, 2009)

Japón fue uno de los primeros países donde se usó el concreto poroso como carpeta de rodadura de los que se tiene registro, este hecho se registró en el año 1974, Japón tiene características geográficas especiales, donde cerca del 80% de su superficie es ondulada y

montañosa, además presenta una precipitación anual de 1500 mm de agua de lluvia, lo cual ha obligado a este país a buscar alternativas que reduzcan lo más posible la escorrentía de las zonas urbanas. (Cruz-Palafoz, C., y otros, 2014)

En el país de Estados Unidos, el concreto permeable surgió en la década de 1970 como una respuesta ante el aumento en los niveles de escorrentía superficial producto de un aumento en áreas urbanizadas con coeficientes de escorrentía altos. Con el tiempo, se dio paso al uso de un material poroso que permitiera transformar la escorrentía superficial en infiltración y además cumpliera una función práctica dentro del desarrollo urbano (i.e. aceras, estacionamientos, canchas de tenis, ciclo vías entre otros. (Fernández & Navas, 2010, pág. 40)

En Brasil se realizó una de las primeras obras en Latinoamérica con concreto poroso, esta obra se llevó acabo en el año 2010, donde se pavimento 1.600 km cuadrados a base concreto poroso, este proyecto se llevó acabo en conjunto entre la alcaldía de Sao Pablo y la universidad de Sao Pablo (USP). Y en el país de Colombia empezó a implementar en los últimos años el concreto poroso en invernaderos, canchas deportivas, parques y vías vehiculares. (Pérez, 2017)

En el Perú muchas ciudades de la sierra se ven afectadas a causa de las inundaciones que sufren sus calles, estacionamientos y pases peatonales, en épocas de lluvia típicas de estas zonas del Perú en invierno, esto debido al carente y deficiente sistema de drenaje o a la falta de mantenimiento de estos. Pero este problema no solo de la sierra, ya que el fenómeno del niño del año 2017, causa grandes daños en las infraestructuras viales de muchas ciudades del norte de país, producto de la gran acumulación de agua en las pistas.

En el Perú, a pesar que el concreto poroso ha despertado mucho interés en el sector

de la construcción, debido a las ventajas que tiene este tiene, entre ellas su alta capacidad de drenaje que posee; es un método poco aplicado debido a los escasos estudios que se han realizados a estos. En el Perú una de las pocas empresas que se dedican a la producción y comercialización del concreto poroso es la empresa Unicon, que utilizo el concreto poroso en el revestimiento de las tuberías de la planta de tratamiento de agua en Huachipa. (Pérez, 2017)

En la ciudad de Cajamarca, Los estudios de diseños de mezcla de concreto permeable, en la ciudad de Cajamarca son escasos en relación a los de diseños de mezcla de concreto hidráulico convencional; sin tomar en cuenta el presente, son 4 estudios realizados en la UNC (Universidad Nacional de Cajamarca). El desempeño estructural de un concreto se garantiza con el estudio de los diseños de mezcla y se refleja en su uso, como en el caso del concreto hidráulico convencional en la construcción de pavimentos, que provocan un elevado impacto ambiental.

El concreto hidráulico convencional utilizado en la construcción de pavimentos, conlleva a la impermeabilización de grandes superficies, por lo cual las aguas pluviales son evacuadas utilizando los sistemas de alcantarillado, constituyen encharcamientos e inundaciones en calles, zonas de estacionamiento, etc., y otra es evaporada; con esto se contribuye a su contaminación y se impide que lleguen hasta el subsuelo y/o se aproveche, con su almacenamiento. (Díaz, 2017, pág. 3)

Las normas que rigen este proyecto de investigación, son normas encargadas de dictar los lineamientos de las obras de concreto permeable promulgadas por el American Concrete Institute (ACI). En el año 2002 el ACI publicó el primer reporte sobre concreto permeable la ACI 522R-02, en esta investigación se utilizaron las normas actualizadas a la fecha como ACI 522R-10 (Report on Pervious Concrete) y la ACI 211.3R-02 (Guide for Selecting Proportions for No – Slump Concrete), además de

Normas Técnicas Peruanas como: NTP 339.185/ ASTM 566 método de ensayo para determinar para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado, NTP 400.12/ ASTM C136-96a para realizar el ensayo de análisis granulométrico de los agregados, NTP 400.021 / ASTM C127 para determinar el peso específico agregado grueso, la NTP 400.022 / ASTM C 128 para peso específico agregado fino y la NTP 339.033 / ASTM C39/C39M-05e1 para determinar la compresión del concreto en estado endurecido, la N.T.P. 339.183:2003/ ASTM C192 para la elaboración y curado de las muestras, etc.

(Díaz, 2017, pág. 94), encontró el diseño una mezcla de concreto permeable de código RDBIII-AD1-FPP1, cuya resistencia a la compresión a los 28 días es de 22.35 MPa (227.78 kg/cm²) con una desviación estándar de 6.29 kg/cm² y un coeficiente de variación de 2.76% y cuya resistencia a la flexión es de 4.34 MPa (44.21 kg/cm²) con una desviación estándar de 1.39 kg/cm² y un coeficiente de variación de 3.14%, por tanto, se concluyó que dicho diseño cumplió con las resistencias mecánicas mínimas.

(Benites, 2014, pág. 51), encontró que la resistencia del concreto permeable elaborado con agregados de la cantera río Jequetepeque — Chilete a la edad de 28 días es de 7.556 MPa pero aun así se encuentra dentro del rango que define la norma ACI 522R-10.

(Aquino, 2015, pág. 110), encontró que el diseño de mezclas final de concreto ecológico, cumple con los requerimientos mecánicos, permeables y de densidad, los cuales definen a un concreto permeable según las normas vigentes del ACI 211. 3R-97 y ACI 522R-10, necesarias para el diseño de pavimentos rígidos en vías de bajo tránsito.

Para elaborar el diseño de mezcla del concreto poroso es necesario tener información de trabajos o investigaciones precedente. El diseño de mezclas en sus diferentes

relaciones y/o proporciones afectan el comportamiento mecánico del concreto en los cuales a veces es necesario el uso de diferentes productos adicionales como los aditivos así mismo tener un concreto más trabajable así como mejorar sus características como durabilidad, resistencia.

En las diferentes relaciones tenemos en cuenta que si se aumenta el cemento el porcentaje de vacíos disminuirá lo cual es negativo para nuestra investigación ya que se disminuirá la capacidad de filtración del agua, así mismo si hay mucha presencia de agua podemos tener el inconveniente que el agua lave el agregado y/o tape los vacíos al combinarse con el cemento. En nuestro estudio la cantidad mínima de vacíos debe ser mayor al 15% hasta el 19% para un comportamiento adecuado y funcionalidad óptima

La municipalidad Distrital de Cajamarca, es la entidad del estado encargada de la ejecución de las diferentes obras que benefician a la comunidad en general así mejorando su calidad de vida entre ellas también es una prioridad mejorar el estado de la pavimentación a través de métodos o técnicas innovadoras. La Municipalidad Distrital de Cajamarca, en pleno conformidad de sus funciones y competencia, dispone de presupuesto y la capacidad de profesionales para realizar un proyecto ambicioso y que es amigable con el medio ambiente así poder mejorar la Infraestructura urbana, viabilidad Ambiental.

Actualmente el estado las vías tienen un mejoramiento en base a cunetas realizadas en el casco urbano de la ciudad el cual ha mejorado en parte el inconveniente de las precipitaciones pluviales pero la idea es dar una solución que disminuya el peligro de tener cunetas en la ciudad, usando el concreto poroso es una alternativa de mejorar la problemática la cual aumenta en el tiempo de invierno.

La ciudad de Cajamarca se encuentra ubicada en la zona de la sierra del Perú, lo que

provoca que todos los años en la época de invierno sea acechada por fuertes lluvias, ocasionando que la superficie de los pavimentos, veredas, pasos peatonales, playas de estacionamientos, entre otros, reciban grandes cantidades de agua, generando gran malestar en la población.

Cuya problemática es visible y aumenta en tiempo de invierno, al aumentar las precipitaciones pluviales las calles de la ciudad prácticamente se convierten en ríos evitando así el libre tránsito de la personas, al haber presencia de demasiada agua en el pavimento este se deteriora causando la filtración del fluido al interior de la carpeta asfáltica el cual provoca huecos en las vías así como también los autos rebalsan el agua de lluvia hacia las veredas generando gran molestia en los pobladores.

Este problema viene de muchos años atrás, si bien se han creado algunas estrategias de solución como la instalación de canaletas, badenes, cunetas y alcantarillas metálicas en algunos puntos de la ciudad, los cuales brindan una solución en un cierto porcentaje, parece no ser suficiente para lograr dar una solución definitiva a este problema. A pesar de los esfuerzos que se han hecho para lograr controlar los grandes volúmenes de agua en la ciudad en épocas de lluvia, no se ha podido encontrar un método eficaz para lograr evitar las inundaciones en la zonas bajas de la ciudad, siendo estas zonas las más afectadas debido a que el empozamiento de esta agua puede convertirse en potenciales vectores de enfermedades como el dengue u otras enfermedades infecciosas. Las causas del mal estado de las vías de comunicación en este caso los pavimentos de la ciudad es la presencia de abundante precipitación pluvial en los pavimentos los cuales no tienen un drenaje efectivo, a esto se suma que los pavimentos rígidos no tienen las especificaciones adecuadas según normativa y esto influye en que el deterioro sea precoz y no tenga la vida útil por el cual fue diseñado.

Otra causa es que la ciudad de Cajamarca no tiene un sistema de drenaje global el cual

de una solución eficaz a todos los problemas de empozamiento de precipitaciones pluviales ya que muchas veces solo encausan las cunetas o alcantarillas a los buzones y por ende hay demasiada cantidad de fluido de lluvia en estos buzones generando así el colapso de estas estructuras provocando otro problema en vez de dar una solución.

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo determinar la influencia del concreto poroso en la permeabilidad del pavimento rígido, Cajamarca; ya que la ciudad de Cajamarca no tiene un sistema integral de drenaje acelerando así el deterioro del pavimento rígido, por ese motivo se hará una apreciación del estado actual del drenaje en zonas críticas.

Al hacer una planeación de un sistema de drenaje integral se mejoraría la calidad de vida de las personas ya que no habrían reclamos por las inundaciones de las vías, así los habitantes o peatones podrán transitar sin problemas y miedo a inundaciones que podrían afectar incluso el ingreso del agua a sus viviendas, mejorando el tiempo de vida útil de los pavimentos, el cual beneficia a todos las personas que trabajan en sector de transporte y las personas que tienen vehículos propios.

Las consecuencias de no hacer esta investigación son muchas entre ellas tenemos que al no hacer una revisión periódica de los sistemas de drenaje en la ciudad, seguirán los problemas de acumulación de agua en las vías, presencia de abundante agua fluyendo por las calles de la ciudad de la parte alta hasta la parte baja simulando un río, causando un malestar en la población.

La importancia de la evaluación del concreto poroso es mejorar el sistema de drenaje de la ciudad el cual permitirá drenar las precipitaciones pluviales más rápidamente evitando así la presencia de agua en la superficie del pavimento prolongando así su vida útil y generando optimizan costos en base a rehabilitación de vías.

1.2. Formulación del problema.

¿Cuál es la influencia en las propiedades del concreto poroso utilizando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2020?

1.3. Justificación.

Debido al calentamiento global que aqueja a todo el mundo y en especial a nuestro país ya que se ha visto reflejado a través de las constantes y anormales lluvias en épocas del año, tanto en la costa como en la sierra, también suele pasar debido a los diversos climas y las diferentes topografías de las ciudades, distritos, centros poblados y anexos.

En el año 2007 nuestro país sufrió de desastres naturales las cuales inundaron muchas viviendas tanto en la costa como en la sierra, y ahí se experimentó la deficiencia o inexistencia de los sistemas de drenaje pluvial, los cuales no cumplieron la finalidad con la que fueron diseñados, el INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) informo en sus estadísticas que más de 30,000 viviendas quedaron no aptas para vivienda o prácticamente destruidas.

El trabajo de investigación sobre el concreto poroso tiene como fin educar y hacer de conocimiento sobre las alternativas de uso del concreto poroso y sus diferentes aplicaciones para mejorar el sistema de drenaje pluvial del casco urbano de la ciudad de Cajamarca, a causa de la intensificación año tras año por el calentamiento global y en nuestro país se presenta con el nombre de El Niño.

Este trabajo de investigación se ha desarrollado exitosamente en múltiples países los cuales han dado una solución a la problemática anteriormente mencionada. El fin de esta investigación es que el concreto poroso este presente como una disyuntiva en los métodos de construcción de nuestro país así poder mejorar la normativa ya existente.

Desde el punto de vista Teórico, este trabajo de investigación tiene por objetivo

mejorar el sistema de drenaje superficial de las aguas pluviales y de los pavimentos rígidos evitando así acumulación de agua en los pavimentos evitando así el deterioro de la carpeta asfáltica cuyos motivos pueden ser demasiado volumen de precipitaciones pluviales por los constantes cambios climáticos o fenómenos naturales.

También desde el punto de vista Práctico, la siguiente investigación tiene por objetivo presentar una variante u alternativa para contrarrestar las consecuencias como pavimentos en mal estado con presencia de huecos y la inundación de las calles dificultando el libre tránsito de las personas, cuyo fin es mejorar y dar un mayor tiempo de vida a los pavimentos rígidos mediante el uso en zonas específicas el concreto poroso y drenando las precipitaciones así mismo darle un segundo uso, beneficiando así a los pobladores de la ciudad de Cajamarca.

Así mismo desde el punto de vista Valorativo, el siguiente trabajo de investigación tiene por finalidad la recolección de las técnicas y métodos correspondientes así mismo obtener información sobre el estado de los pavimentos mediante una base científica, así mismo afrontar una problemática que se ve año tras año en nuestro país y también para obtener la experiencia para futuros trabajos en nuestra carrera profesional.

Y para finalizar desde el punto de vista Académico, nuestro trabajo de investigación aportará múltiples conocimientos los cuales serán de vital importancia para ayudar a los alumnos de la UPRIT, para realizar trabajos de investigación (TESIS) los cuales tienen un fundamento científico así como información de calidad sobre el concreto poroso y sus diversas aplicaciones y usos como alternativa de drenaje superficial de precipitaciones pluviales evitando así el estancamiento de líquidos en los pavimentos y contrarrestando el deterioro de la carpeta asfáltica y mejorando así su vida útil.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

- ✓ Determinar la influencia en las propiedades del concreto poroso utilizando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2020.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Identificar el método de diseño para elaborar un concreto poroso.
- ✓ Determinar las características físico - mecánicas del agregado grueso empleado en la elaboración del concreto poroso.
- ✓ Elaborar diseños de mezcla para los porcentajes de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%; de acuerdo a la norma ACI 522-10 y ACI 211.3R – 02.
- ✓ Determinar las propiedades del concreto poroso en estado fresco y endurecido como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y la tasa de permeabilidad.

1.5. Antecedentes.

Luego de revisar la bibliográfica existente y trabajos de investigación en las bibliotecas de educación superior, he encontrado los siguientes informes de investigación:

Según Vélez, en su artículo denominado “Permeabilidad y porosidad en concreto”, tuvo por objetivo cuantificar la permeabilidad y porosidad en concreto poroso y su variación con la resistencia a la compresión. Aplica que se debe considerar en la mezcla de concreto se generan algunos huecos no conectados, de modo que el porcentaje de huecos del hormigón endurecido será calculado a través de la relación entre el porcentaje teórico y real de huecos. Como resultado que los concretos porosos 1335, 1312 y 13 pueden ser catalogados como materiales durables y de una calidad superior frente a los

OPC con mayor volumen de poros permeables, debido a su mejor desempeño mecánico y baja porosidad. Este antecedente es considerado para la presente investigación ya que resalta la importancia del concreto poroso en base a su relación de porcentaje de vacíos y resistencia la cual nos servirá para establecer las, técnicas, herramientas y procedimiento de recolección de la información. (Vélez, 2010)

Según González, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares”. Tuvo por objetivo analizar la utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares. Aplica en la comparación de una mezcla convencional de concreto permeable contra dos diferentes mezclas con adición de caucho triturado, en diferente porcentaje e igual granulometría. La cantidad de caucho adicionada fue determinada mediante la utilización de un porcentaje X de la suma total del peso de los agregados de la mezcla. Como resultado para el caso del concreto permeable una adición de caucho en proporciones adecuadas resulta positivo para su desempeño en flexión; el mejor resultado lo proporciona la mezcla 3 (15,44 kg/cm² de módulo de ruptura). Este antecedente es considerado para la investigación ya que en base al uso de granulado de caucho reciclado en el concreto permeable para el uso de estacionamientos, se diseñó muestras de concreto permeable y se le agregó caucho reciclado como una opción y disminuir el uso del agregado así reducimos costos además que tenemos un concreto ecológico cuidando el medio ambiente y nos servirá para establecer las, técnicas, herramientas y procedimiento de recolección de la información. (González, 2017)

Según Solano, en su tesis presentada para optar el grado de Licenciatura de Ingeniería en Construcción denominada “Análisis de la flexo tracción del concreto permeable”. Tuvo como objetivo determinar el módulo de ruptura o la resistencia a la flexo tracción

del concreto permeable y así correlacionar estos datos con la resistencia a la compresión que posee este tipo de material. Aplica ya que para la selección de la mezcla que se utilizaría para la realización de las pruebas de tensión y flexión de concreto permeable, se emplearon tres diseños de mezcla diferentes para seleccionar la mezcla óptima tomando en cuenta su trabajabilidad, permeabilidad y resistencia a la flexión a los siete días de curado. Como Resultado que el valor de coeficiente de drenaje se supuso de 1.15, puesto que al ser un pavimento calidad del drenaje es bueno y el porcentaje del tiempo en que la estructura del pavimento va a estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación va a ser del 5%. Este antecedente es considerado para la investigación ya que se hizo un análisis acerca de la flexo tracción del concreto permeable mediante el procedimiento ashto comparando las muestras diseñadas para una determinada carga, se hizo la comparación costo beneficio y la importancia de la correcta dosificación de los aditivos y nos servirá para establecer las, técnicas, herramientas y procedimiento de recolección de la información. (Solano, 2009, pág. 2)

Según Cerdán, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Comportamiento del concreto permeable, utilizando agregado de las canteras la victoria y roca fuerte, aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015”, tuvo por objetivo determinar el comportamiento de concreto permeable utilizando agregados de las canteras La Victoria y Roca Fuerte aumentando diferentes porcentajes de vacíos, Cajamarca 2015. Aplica la recolección de datos para ver el comportamiento del concreto permeable con 15% de vacíos patrón y concreto permeable con la incorporación de diferentes porcentajes de vacíos, se comprobaron las diferentes características físicas y mecánicas de los agregados (grueso) de las dos canteras antes mencionadas, para poder realizar el diseño de mezcla patrón con 15% de vacíos usando el método ACI 211 3R, y consecutivamente se establecieron los diseños de mezclas de los diferentes porcentajes de aumento de vacíos, para evaluar la permeabilidad $l/min/m^2$. Como resultado las pruebas

realizadas al diseño del concreto permeable con 15% de vacíos resultó con una resistencia promedio de 155.03 kg/cm^2 siendo la más resistente de la cantera La Victoria y el diseño del concreto permeable con mayor permeabilidad resulto la cantera Roca Fuerte con un coeficiente de 38.03 mm/s con 23% de vacíos. Este antecedente es considerado para la investigación ya que se evaluó el agregado de la cantera la Victoria y Roca fuerte, aumentando un porcentaje de vacíos estudiando su comportamiento y la resistencia a la compresión de cada diseño de muestra y nos servirá para establecer el procedimiento de análisis de la información. (Cerdán, 2015)

Según Gámez, Guzmán y Renderos, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Evaluación del comportamiento en el módulo de ruptura en concretos permeables para carpetas de rodadura de pavimentos rígidos utilizando geosintéticos en su estructura”. Tuvo como objetivo evaluar el comportamiento del módulo de ruptura, en mezclas de concreto permeable para carpetas de rodadura utilizando geosintéticos en su estructura. Aplica en el apéndice 6 de este comité: “Proporcionamiento para mezclas de concreto permeable”, da a conocer un método para la dosificación de concreto permeable sin revenimiento, utilizado para pavimentos y otras aplicaciones donde el drenaje y la percolación son necesarios. Como resultado se realizaron 60 especímenes de viguetas de concreto permeable con capa de geosintético en la parte de la base de estos, 30 especímenes de viguetas de concreto permeable adicionados con fibras de polipropileno y la capa de geosintéticos en la base, 15 especímenes de viguetas de concreto permeable con capa de geosintéticos a $\frac{1}{4}$ de altura desde la base y 16 especímenes de concreto permeable simple, todos estos suman un total de 121 especímenes. Dicha distribución se realizó en base a criterio de recomendación a partir de pruebas preliminares de mucha menor cuantía, y a consideración del criterio de profesionales en el tema referente al comportamiento mecánico de los diferentes materiales y las limitantes de banco de materiales y tiempo para la realización de dicha experimentación. Este antecedente es

considerado para la investigación ya que un antecedente de un proyecto de investigación ya realizado exitosamente el cual nos demuestra que el concreto poroso es una metodología moderna del concreto para múltiples usos, y se está usando en muchas partes del mundo teniendo diferentes usos y nos servirá para la discusión de resultados. (Gámez, Jhony, Guzmán, Carlos, & Renderos, Francisco, 2016)

Según Pérez, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil denominada “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades Mecánicas e Hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017”. Tuvo como objetivo Determinar la influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable. Aplica Para la prueba de resistencia a la compresión (ASTM C-39), se elaborarán 18 especímenes de concreto permeable, éstos tendrán forma cilíndrica, cuyo diámetro es aproximadamente de 15 cm. y su longitud de 30 cm., serán 9 probetas (3 probetas por cada gradación de agregado grueso) las que se ensayen a los 7 días y las 9 probetas restantes a los 28 días. Como resultado desarrollar un diseño de mezcla para las gradaciones de agregado grueso de 1/2", 3/8" y N° 4, determinando los criterios de diseño como la relación a/c de 0.35, 8% de finos, 15% de vacíos, un 25.20% de volumen de pasta y un factor b/bo de 0.94. Los cuales se vieron reflejados satisfactoriamente en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable, es decir que se encuentran dentro del rango estipulado por el ACI. Para la resistencia a la compresión se encuentran dentro del rango que es de 28 a 280 kg/cm², para la resistencia a la flexión que es de 10.5 a 40 kg/cm² y para permeabilidad de 0.14 a 1.22 cm/s. Este antecedente es considerado para la investigación ya que se diseñó un concreto poroso para evaluar la influencia de la granulometría en un concreto poroso el cual se determinó que el agregado grueso de una determinada medida tiene un mejor comportamiento en base a la resistencia a la compresión como sus propiedades hidráulicas y nos servirá para la discusión de resultados. (Pérez, 2017)

1.6. Bases Teóricas.

Concreto

El concreto es una mezcla homogénea de cemento, agua, arena, piedra y en algunos casos aditivos. Es un material durable, resistente y dado que se trabaja en forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma. El concreto es una roca creada por el ser humano, diseñada y producida de acuerdo a normas establecidas para fines y aplicaciones que se requieren en un proyecto determinado y con características determinadas, que tiene una alta resistencia a la compresión, pero una baja resistencia a la tracción, por lo que se refuerza con varillas de acero para que sean estas las que soporten esos esfuerzos.

La dosificación y la producción del concreto requieren del cumplimiento de normas y especificaciones para obtener un producto de calidad adecuada, entre las usadas en nuestro país están:

- ✓ American Society for Testing and Materials, ASTM por sus siglas en inglés, que vela por la producción de concreto y la calidad de los agregados.
- ✓ American Concrete Institute, ACI por sus siglas en inglés, que tiene normas para la dosificación del concreto.
- ✓ Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, INTECO, que promueve el mejoramiento de la calidad de los procesos, productos y servicios diseñados, fabricados, transformados, utilizados o vendidos en el país, sean ellos nacionales o importados. (Torres, 2012, pág. 12)

El aporte es que nos enseña los elementos básicos, así poder comprender e identificar el accionar, componentes y características de los diferentes tipos de concreto.

Concreto poroso o permeable

El concreto permeable como un material de gradación abierta que está unido por pega

de cemento, cuya estructura permite el paso del agua, sin embargo, proporciona resistencia estructural moderada. El concreto permeable es un concreto hidráulico de asentamiento cero, integrado por componentes que son el cemento portland, agua, aire y agregado grueso, con poco o despreciando al agregado fino.

La combinación de los componentes forma una aglomeración de agregado grueso rodeados por una delgada capa de pasta cementante, endurecida en sus puntos de contacto. La estructura del concreto permeable se caracteriza por la existencia de poros entre el agregado grueso que van en tamaño desde 0,08 hasta 0,32 pulgadas (de 2 a 8 mm), que permite el paso del agua por medio de él. (ACI 522R-06, 2010)

El aporte es que la norma ACI nos define el concreto poroso o permeable para así tener una idea clara de la función que cumple este tipo de concreto y sus diferentes beneficios y usos múltiples.

Ventajas y desventajas del concreto poroso

Las Ventajas

Las Ventajas permeables pavimentos de hormigón más convencional pavimentos de concreto son:

- ✓ El control de la contaminación de las aguas pluviales en la fuente;
- ✓ Aumento de los servicios para el estacionamiento al eliminar la necesidad para las áreas de retención de agua ;
- ✓ El control de la escorrentía de aguas pluviales ;
- ✓ La reducción de hidroplaneo en la superficie de las carreteras y carreteras.
- ✓ Creación de elevación adicional de la aeronave durante el despegue debido para el efecto de enfriamiento;
- ✓ Reducir el brillo en las superficies de las carreteras en gran medida, especialmente cuando está mojado por la noche;

-
- ✓ Reducción del ruido de la interacción entre el neumático y la pavimento ;
 - ✓ Eliminar o reducir el tamaño de las bocas de tormenta
 - ✓ Permitir que el aire y el agua para llegar a las raíces de los árboles, incluso con el pavimento dentro de la línea de goteo del árbol.

(ACI 522R-06, 2010)

El aporte es que la norma ACI nos enseña las diferentes ventajas que tiene la elaboración del concreto poroso.

Además de las diversas aplicaciones mencionadas, la utilización de concreto permeable en pisos y pavimentos conlleva grandes ventajas, siendo sus beneficios no solo económicos y estructurales, sino también ecológicos; como por ejemplo:

- Por su función permeable, no interrumpe el ciclo hidrológico del agua en las ciudades, permitiendo la filtración de agua pluvial en los mantos acuíferos.
- Permite el control de la contaminación de las aguas pluviales, impidiendo que éstas se deriven hacia el sistema de desagüe y se mezclen con las aguas residuales.
- Son filtrados los agentes contaminantes que pueden contaminar las aguas subterráneas y dañar ecosistemas.
- Control de escurrimiento del agua pluvial.
- Por ser un material que posee del 15% al 35% de vacíos, no genera islas de calor como el asfalto y concreto hidráulico.
- Evita encharcamientos y la saturación en los drenajes en época de lluvias.
- Por ser un material poroso es autodrenante y autoventilado.
- Disminuye los gradientes térmicos (reflexión mínima de la luz).
- Aumenta la calidad de servicios vehiculares y peatonales para usuarios, durante la lluvia.

- Su peso volumétrico es un 20% a 25% menor que el concreto convencional.
- El índice de fisuras en el concreto permeable es 25% menor, como consecuencia de la baja retracción por el porcentaje de vacíos contenidos en comparación con un concreto convencional. (Flores & Pacompia, 2015, pág. 32)

Como aporte podríamos entender de qué Flores & Pacompia según sus estudios y análisis nos detallan las ventajas del concreto poroso.

Las Desventajas

La utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos posee algunas desventajas, como son:

- ✓ Pérdida de su permeabilidad con el paso del tiempo, al saturarse los espacios vacíos con material fino (material contaminante). Por lo que es imprescindible el mantenimiento del mismo, a base de agua a presión.
- ✓ Posee una menor resistencia al desgaste que el concreto convencional, por lo que solo debe aplicarse en zonas de tráfico ligero.

El éxito de la utilización del concreto permeable en pisos y pavimentos ha sido variado, en algunas áreas los sistemas de pavimento de concreto permeable se han aplicado exitosamente, mientras que en otros no. En general las fallas de estos sistemas son atribuibles a la inexperiencia en la construcción de este tipo de pavimentos, a una compactación del suelo más alta de la especificada y al diseño inapropiado según el lugar de aplicación de este material. En aras de que un pavimento permeable funcione exitosamente el comité ACI 522R-06, recomienda:

- ✓ Verificar la permeabilidad de los suelos, la tasa de filtración debe ser mínimamente de 13mm/hr con una capa de suelo de 1.2 m a más. Facilitando así la infiltración del agua y la recarga de las aguas freáticas, aunque no filtran toda

el agua pluvial de las tormentas excepcionalmente grandes.

- ✓ Evitar el escurrimiento de agua y el ingreso de maquinaria pesada en las áreas de concreto permeable. El pavimento de concreto permeable no debe ser puesto en servicio hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable sea estabilizada por vegetación. A fin de evitar la colmatación del sistema son esenciales los controles estrictos de la erosión y de sedimentación durante las actividades de construcción.
- ✓ Que el tránsito vehicular durante la etapa de construcción sea dirigido hacia afuera del área del área del pavimento permeable para evitar la compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de filtración.
- ✓ El mantenimiento debe realizarse en forma periódica. (Flores & Pacompia, 2015, pág. 33)

Como aporte podríamos entender de qué Flores & Pacompia según sus estudios y análisis nos detallan las desventajas del concreto poroso para tener en cuenta su uso en las diferentes obras.

Propiedades del concreto poroso

General

Las diversas propiedades de resistencia del concreto permeable son depende del contenido de cemento, cemento – agua proporción de materiales (w/cm), el nivel de compactación, y el agregado gradación y calidad. Aunque el concreto permeable ha sido utilizado para la pavimentación de más de 20 años en los EE.UU., sólo unos pocos las investigaciones se han llevado a cabo para determinar su rendimiento (Ghafoori 1995). Estas investigaciones han sido basadas principalmente en pruebas de laboratorio con pocos datos de instalaciones de campo reales obtenidos. Actualmente, pocos estándar Existen procedimientos para fabricar y probar permeable probetas de hormigón en el

laboratorio o en el campo. (ACI 522R-06, 2010, pág. 1)

Peso Unitario

El peso unitario (peso volumétrico, densidad o masa unitaria) del concreto permeable en estado fresco en general varía entre el 70% y 85% de una mezcla fresca de concreto convencional, oscilando entre 1,600 a 2,000 kg/m³, dependiendo del porcentaje de vacíos de diseño del mismo. (Flores & Pacompia, 2015, pág. 34)

Revenimiento (slump)

El revenimiento o asentamiento generalmente es usado para medir la consistencia de una mezcla de concreto fresco. Cuanto mayor sea este, implica que más húmeda es la mezcla, el procedimiento de la realización de este ensayo esta descrito en la norma ASTM C143. Sin embargo la mezcla del concreto permeable se caracteriza por ser de “cero slump” y al ser medido generalmente se obtienen valores de 0 a 1 cm. (Flores & Pacompia, 2015, pág. 34)

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión puede ser definida como la máxima medida de resistencia que ofrece un espécimen de concreto a una carga axial. Esta se determina de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM C39. La resistencia a la compresión que desarrolla el concreto permeable está fuertemente afectada por el esfuerzo de compactación durante la colocación.

Los valores típicos de resistencias a la compresión, según antecedentes se encuentran al alrededor de 175 kg/cm². La resistencia a la compresión en campo estará supeditada a la calidad de los materiales empleados, técnicas de colocación y condiciones ambientales, de manera similar a cualquier tipo de concreto. Para mejorar la resistencia a la compresión desarrollada por el concreto permeable, se deben mejorar: La resistencia de la pasta, y la cohesión entre el agregado y la pasta. Esto es posible con la utilización de agregados

gruesos con menores tamaños y/ usando aditivos o materiales adicionales en la mezcla.

(Flores & Pacompia, 2015, pág. 35)

Resistencia a la flexión

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

La resistencia a la compresión la cual es más fácil de medir que la resistencia a la flexión, se puede usar como un índice de la resistencia a la flexión, una vez que la relación empírica entre ambas ha sido establecida para los materiales y los tamaños de los elementos involucrados. (Flores & Pacompia, 2015)

Contenido de vacío de Aire

Contenido de vacíos de aire se calcula como porcentaje de aire por el gravimétrico método (ASTM C 138), y está directamente relacionada con la unidad de peso de una mezcla dada de concreto permeable. Aire contenido es altamente dependiente de varios factores: agregada gradación, el contenido material de cemento, w/cm, y esfuerzo de compactación.

Esfuerzo de compactación tiene una influencia en el contenido de huecos de aire (y el peso la unidad correspondiente) de una mezcla de concreto permeable dado. En una serie de pruebas de laboratorio (Meininger 1988), un solo permeable mezcla de concreto, compactado con ocho niveles diferentes de esfuerzo, los valores de peso de unidades producidas, que variaban de 105 a 120 kg/m³ (1680-1920 kg/m³). La figura 4.2 muestra que esta variación de los pesos unitarios (y relacionado contenido de vacío de aire) puede tener un efecto mensurable sobre la resistencia a la compresión de concreto permeable.

(ACI 522R-06, 2010)

Tasa de - percolación

Una de las características más importantes de concreto permeable es su capacidad para filtrarse agua a través de la matriz. La percolación tasa de concreto permeable está directamente relacionada con el aire contenido de vacíos. Las pruebas han demostrado (Meininger 1988) que un Se requiere mínimo contenido de vacíos de aire de aproximadamente 15 % para lograr percolación significativa. Figura 4.6 (Meininger 1988) muestra la relación entre el contenido de huecos de aire y la tasa de percolación de una mezcla de concreto permeable. Debido a que las tasas de percolación aumentan a medida que el contenido de vacío de aire aumenta, y, en consecuencia, resistencia a la compresión disminuye, el reto en la mezcla de concreto permeable dosificación es lograr un equilibrio entre una tasa de percolación aceptable y una resistencia a la compresión aceptable.

La permeabilidad del concreto permeable se puede medir por una sencilla cabeza caer permeámetro como se muestra en la figura. 4.7 (Neithalath et al. 2003). Usando este enfoque, la muestra es encerrada en una membrana de látex para evitar el agua que fluye a lo largo de los lados de la muestra. Se añade agua a la graduada cilindro para llenar la celda de muestra y el tubo de drenaje la muestra se acondicionará previamente al permitir que el agua drene hacia fuera a través de la tubería hasta que el nivel en el cilindro graduado es lo mismo que la parte superior de la tubería de drenaje. Esto reduce al mínimo el aire bolsillos en la muestra y se asegura de que el espécimen completamente saturado.

Con la válvula cerrada, el graduado cilindro se llena con agua. Luego se abre la válvula, y el tiempo en segundos t requiere para que el agua caiga de una inicial cabeza h_1 es un h_2 cabeza final se midió. El equipo es calibrado para una cabeza inicial de 11,6 pulgadas (290 mm) y una final jefe de 2,8 pulgadas (70 mm). El coeficiente de permeabilidad k (pulgadas / s [m/s]) se pueden expresar como $k = A/t$ donde $A = 0,35$

pulgadas (0,084 m). (ACI 522R-06, 2010)

Durabilidad

Durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida útil bajo dadas las condiciones ambientales. Los efectos físicos que influir negativamente en la durabilidad del hormigón incluyen la exposición a temperaturas extremas y los productos químicos, tales como sulfatos y ácidos. No se han realizado investigaciones sobre la resistencia de concreto permeable al ataque agresivo por el sulfato de soporte o agua ácida. La durabilidad del concreto permeable bajo condiciones de congelación, descongelación y tampoco está bien documentada.

Pruebas limitadas en condiciones de congelación y descongelación indica poca durabilidad si toda la estructura de vacío se llena con agua (NRMCA 2004). Otras pruebas, sin embargo, han demostrado que el poro estructura que se está lleno de agua tiene algunos, pero no completa, correlación con los resultados generales. Una condición de congelación más lenta (un ciclo por día en comparación con cinco o seis según ASTM C 666, Procedimiento A) puede permitir que el agua se escurra del concreto permeable, mejorando la durabilidad.

Los datos de campo referente a la durabilidad a largo plazo del concreto permeable en los climas del norte. Se debe tener precaución cuando se utiliza concreto permeable en una situación en la que la saturación completa antes de que pueda producirse una helada. Las pruebas indican que el arrastre de aire en la pasta de cemento puede mejorar la durabilidad de congelación y descongelación. En el laboratorio en virtud de la norma ASTM C 666 condiciones de prueba, arrastrados sin aire acondicionado concreto permeable falla (módulo dinámico relativa será del menos de 60 %) en aproximadamente 100 ciclos de congelación y descongelación en la cámara (ASTM C 666 requiere un estándar 300 ciclos de la prueba).

El módulo relativo se mantiene así durante 60 %, sin embargo, para los especímenes

que tienen la porción de pasta protegida por el aire arrastrado. También, los especímenes de concreto permeable sometido a una congelación lenta y descongelación (un ciclo por día) sufrido menos daños que los sometidos a la norma ASTM C 666 Procedimiento Una prueba (Neithalath et al. 2005) (cinco a 12 ciclos por día). Determinación de la dosificación apropiada de aire de arrastre mezcla, factor de cemento, y unidad de peso de la producción mezcla se puede lograr a través del laboratorio de procesamiento por lotes de prueba.

Las fibras sintéticas se pueden emplear para aumentar la tenacidad, se define como la absorción de energía del hormigón después de la fisuración. Dureza se puede cuantificar en uno de varios métodos de prueba, tales como la norma ASTM C 1399. Esta prueba produce un postcracking valor en psi que se refiere a la resistencia a la flexión de la matriz de hormigón. Pruebas de productos de fibras sintéticas en el haz especímenes de concreto permeable en conformidad con la norma ASTM C 1399 demostraron que las fibras de 1,5 a 2,0 cm (38 a 51 mm) en longitud eran los más eficaces para impartir resistencia a la concreto (SI Concrete Systems 2002). (ACI 522R-06, 2010)

Absorción - acústica

Debido a la presencia de un gran volumen de poros interconectados de tamaños considerables en el material, concreto permeable es altamente eficaz en la absorción acústica. El material puede ser empleado como un medio para reducir el ruido generado por interacción neumático-pavimento en pavimentos de hormigón. El ruido la reducción se produce debido a la combinación de ruido reducido generación y aumento de la absorción de sonido permeable pavimentos alteran la generación de ruido minimizando el bombeo de aire entre el neumático y la superficie de la carretera.

Además, los poros absorben el sonido a través de la fricción interna entre el moviendo las moléculas de aire y las paredes de los poros. Para evaluar las características de absorción de sonido de concreto permeable, un tubo de impedancia, se

puede emplear, como se muestra en la figura 4.8 (Neithalath 2004; Marlof et al 2004).

Las probetas cilíndricas con un diámetro de 3,75 pulgadas (95 mm) pueden ser acomodados en el tubo de impedancia. La muestra es colocado dentro de una camisa de teflón cilíndrica delgada, en la que se encaja perfectamente. El montaje de la muestra se coloca en contra de una rígida respaldo en un extremo del tubo de impedancia, que está equipado con una fuente de sonido. Una onda acústica es generada por avión la fuente de sonido y se propaga a lo largo del eje del tubo.

Micrófonos colocados a lo largo de la longitud del tubo se utilizan para detectar la presión de la onda de sonido transmitida a la muestra y la parte de la onda que se refleja (ASTM E 1050) el coeficiente de reflexión de presión R es la relación de la presión de reflejado ondear al de onda de entrada, a un particular, frecuencia. El coeficiente de absorción α es una medida de un material de capacidad para absorber el sonido. Un material con una absorción coeficiente de 1,0 indica un material puramente absorbente, mientras que un material con un coeficiente de absorción de 0 indica que el material es puramente reflectante.

El hormigón normal tiene típicamente un coeficiente de absorción de 0,03 a 0,05 (Neithalath 2004). El concreto permeable tiene típicamente un intervalo de absorción de 0,1 (por mal desempeño de mezclas) a casi el 1 (para mezclas con volumen óptimo de poro y tamaños). El coeficiente de absorción depende de la frecuencia de las ondas sonoras que inciden, y por lo tanto, es importante seleccione un espesor de concreto permeable adecuado a fin de minimizar sonidos de la frecuencia deseada (800 a 1200 Hz es la más objetable para el oído humano). (ACI 522R-06, 2010)

1.6.1. Criterios para el diseño de concreto poroso

En la determinación de espesor de un pavimento permeable sección, dos análisis distintos deben llevarse a cabo, una para estructural y uno para características hidráulicas. Para estructural diseño de pavimentos de concreto permeable, consulte

ACI 330R para los estacionamientos, y para ACI 325.12R de calles y carreteras. Si la resistencia del hormigón permeable producido no reside dentro de los parámetros de diseño de cualquiera de estos dos métodos, otros procedimientos de diseño, incluyendo la experiencia local, pueden ser necesario. El espesor del pavimento resultante y subrasante criterios deben ser analizados por la capacidad de embalse y permeabilidad.

En muchos casos, la estructura de vacío de la acera es para ser utilizado como un depósito de almacenamiento de aguas pluviales segunda vuelta, por lo que el grosor también debe permitir anticipado volúmenes de retención. El mayor requisito de espesor de la dos análisis, estructural o de almacenamiento, debe ser especificado. La rango práctico de espesores de diseño para el concreto permeable es de 5 a 10 pulgadas (125 a 250 mm) para pavimentos de fricción. Superposiciones en condiciones de servidumbre, sin embargo, han sido tan delgada como 2 pulgadas (50 mm). El diseño estructural examinado en este capítulo, una discusión completa en el diseño hidrológico se puede encontrar en el Apéndice.

A. Determinación grosor de la estructura puede ser hecha por cualquiera los AASHTO o diseño PCA métodos (Packard y Tayabji 1985; PCA 1990) para pavimentos de hormigón en masa si el resistencia del concreto permeable se encuentra dentro de los límites de cada procedimiento de diseño (Ghafoori 1995) . Para un diseño tal, coeficientes de transferencia de carga serían para enclavamiento agregada en condiciones. Soporte de borde puede o no puede estar presente, dependiendo del uso de bordillos en el diseño de drenaje. El coeficiente de balasto utilizado en el diseño debe cuenta para los niveles más bajos de compactación usados con pavimentos de concreto permeable. Las pruebas de campo de los suelos del sitio se proporcionar un módulo precisa de los valores de reacción de la subrasante.

Cargas de tráfico pueden necesitar ser limitado a los descritos en ACI 330R como B

(ADTT = 25) para las mezclas de concreto que no lo hacen tener experiencia local exitosa con grandes cargas de tráfico (tales como para mezclas con piedra caliza de Florida). Si locales la experiencia muestra las cargas de tráfico pesado pueden ser resistieron, como con áridos de granito en Georgia, para luego diseñar las cargas pueden reflejan dijo que la experiencia. La estructura de vacío de una mezcla de concreto permeable no sólo permite la transmisión vertical del agua, sino que también permitir el flujo horizontal. Esta capacidad única debe ser considerada en el establecimiento de los perfiles de drenaje. La tasa vertical de flujo depende de la permeabilidad de la sub-base y también en el grosor y la relación de vacío de la acera.

Para la mayor medida de lo posible, los perfiles de la zona de estacionamiento deben ser clasificados sin pendiente. Esto permitirá que el aumento de tiempo para la subrasante, absorber y transmitir el agua a los estratos más bajos y reducir la tasa de flujo horizontal. Cuando las condiciones no lo hacen permiten grados planos, el diseñador puede considerar la posibilidad de barreras impermeables transversal a la dirección de la horizontal fluir. Estas barreras pueden ser instaladas por el aumento de la consolidación de la tira de pavimento a lo largo del borde transversal de juntas de construcción. La creciente consolidación cierra la estructura de vacío en esta ubicación. Instalación de tiras transversales de lo normal de hormigón impermeable reduce el flujo lateral en la dirección descendente grado. Bordes de todo el perímetro de la zona pavimentada también ayudan en la reducción de las tasas de flujo lateral, así como el cumplimiento de los requisitos de retención de aguas pluviales.

(ACI 522R-06, 2010, pág. 9)

1.6.2. Procedimiento de elaboración del concreto poroso

Relación agua – cemento

La relación agua-cemento determina la porosidad de la pasta de cemento endurecida en cualquier etapa de hidratación. Esta relación constituye un

parámetro importante de la composición del concreto permeable. Tiene influencia directa sobre la resistencia, durabilidad y retracción. Esta relación, agua-cemento, es el valor más importante de la tecnología del concreto, determinando la estructura interna de la pasta de cemento endurecida.

La relación agua-cemento (a/c) es el cociente entre la cantidad de agua y de cemento existentes en el concreto fresco, es decir, se calcula dividiendo la masa de agua por la del cemento contenidas en un volumen dado de concreto.

$$r = a/c$$

Donde:

r : Relación agua - cemento

a : Masa del agua

c : Masa del cemento

(Diaz, 2017, pág. 24)

Relación agregado – cemento

La relación agregado-cemento, comúnmente varía entre 4:1 a 4.5:1 en peso, pero ésta depende fundamentalmente del tipo de agregado. Tanto la relación agua-cemento y la relación agregado-cemento, deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad de carga y durabilidad. (Diaz, 2017, pág. 26)

Contenido de agregado grueso

Pruebas de densidad seca, hechas por NAA-NRMCA (National Aggegates Association - National Ready Mixed Concrete Association) demuestran que la densidad seca del agregado grueso, según lo determinado por ASTM C 29/ C 29M, puede ser utilizado eficazmente en la dosificación de concreto permeable.

$$\frac{b}{b_0} = \frac{\text{Peso del agregado grueso}}{\text{Pusc del agregado grueso}}$$

Donde:

b/b_0 = Volumen seco varillado del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto.

b = Volumen real del agregado grueso en una unidad de volumen de concreto.

b_0 = Volumen real del agregado grueso en una unidad de volumen de agregado grueso.

El valor b/b_0 , automáticamente se compensa por los efectos de las diferentes formas de las partículas de los agregados, la graduación o tamaño y el peso específico. Además, para un rango de agregados de tamaño máximo nominal normalmente usado para concreto permeable (3/8" a 3/4"), los valores b/b_0 son muy similares. (Diaz, 2017, pág. 26)

Porcentaje de vacíos

Este método nos permite determinar la densidad del concreto permeable en estado fresco y a su vez podemos calcular el porcentaje de vacíos de la muestras ya que conocemos las propiedades físicas de los materiales y el diseño de mezclas, en donde podemos calcular el volumen que ocupan los materiales y de esta manera determinar el porcentaje de vacíos de la mezcla.

Nota 1.- La densidad teórica determinada en laboratorio asume que la composición y proporción de los materiales de todas las mezclas son los mismos. Esta es calculada con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{M_s}{V_s}$$

Donde:

T : Densidad teórica de la mezcla.

M_s : Masa total de todos los componentes de la mezcla.

V_s : Volumen de la mezcla.

La masa total de todos los materiales de la mezcla es la suma de las masas del cemento, agregado fino en la condición aturado-superficialmente-seca, agregado grueso en la condición saturada-superficialmente-seca, el agua de la mezcla, y otros materiales sólidos o líquidos usados.

El volumen absoluto de cada ingrediente es igual al cociente de la masa de ese ingrediente dividida por el producto de su densidad relativa (la gravedad específica).

(Flores & Pacompia, 2015, pág. 152)

Procedimiento de dosificación de mezcla

Después de hacer el diseño de mezcla, se genera el concreto en base a la NPT para los cuales desarrollamos 16 probetas incluido patrones.

- ✓ Luego se procede a pesar las cantidades de materiales necesarias, para hacer la tanda correspondiente, según diseño de mezclas.
- ✓ Luego se depositaron los materiales en la mezcladora (agregado grueso, cemento y agua); hasta homogenizarlo con todos los materiales igualmente distribuidos.
- ✓ Una vez mezclado, se realizaron los ensayos de concreto fresco, para verificar la calidad del concreto, las cuales son:

➤ **Prueba de asentamiento (NTP 339.035/ ASTM C-143)**

Se verificó el asentamiento mediante el cono de Abrams, colocando el concreto en 3 capas, con 25 golpes con la barra compactadora, luego se levantó el cono verticalmente, y se procedió a medir el asentamiento con una regla graduada.

➤ **Ensayo peso unitario (NTP 339.046/ ASTM C-138)**

- Se determinó el peso del recipiente vacío.
- Se midió el recipiente, para conocer su volumen.
- Se llenó y compacto en tres capas de igual volumen.

- Se enrasó la superficie del concreto, dando un acabado suave.
- Se determinó el peso del recipiente lleno con concreto.

- **Contenido de aire en el concreto fresco (NTP 339.046/ ASTM C-138)**
- Se determinó el contenido de aire del concreto fresco por el método volumétrico.

- **Determinación de la temperatura de mezclas de concreto (NTP 339.184/ ASTM C-1064)**

Se determinó la temperatura del concreto fresco para verificar el cumplimiento de los requerimientos especificados.

- ✓ Se midió en un recipiente no absorbente mediante un termómetro.
 - Una vez hechos los anteriores ensayos mencionados del concreto fresco, se procedió a colocar los moldes en una superficie nivelada.
 - Luego se llenó y compactó paralelamente en todos los moldes en tres capas, utilizando cucharón y distribuyendo uniformemente el material alrededor del perímetro del molde.

Con 25 golpes con la varilla.

Con 10 a 15 golpes laterales con el martillo de goma.

- Luego se enrasó la superficie y se identificó las muestras.
- Luego se desencofró a la 24 +- 4 horas de haber realizado las muestras.
- Se señalaron las probetas, con número de muestra y fecha.
- Finalmente fueron curados en la poza a temperatura de 23 °C +-2, según la norma NTP 339.183.
- Finalmente fueron curados en la poza a temperatura de 23 °C +-2, según la norma NTP 339.183. (Cerdán, 2015, pág. 52)

Tablas usadas en el diseño de concreto poroso

Tabla 1 - Proporcionamiento de materiales en el concreto permeable

PROPORCIONAMIENTO DE CONCRETO PERMEABLE

MATERIAL	RANGO
Material cementante (kg/m ³)	270 a 415
Agregado (kg/m ³)	1190 a 1480
Relación agua-cemento (peso)	0.26 a 0.45
Relación agregado grueso-cemento (peso)	4 a 4.5:1
Relación agregado fino-agregado grueso (peso)	0 a 1:1

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009, pág. 2.1)

Tabla 2 – Propiedades típicas en el concreto permeable

PROPIEDADES TÍPICAS EN EL CONCRETO PERMEABLE

PROPIEDAD	RANGO
Revenimiento (mm)	< 20
Peso Unitario (kg/m ³)	1600 - 2000
Tiempo de fraguado ¹ (hora)	1
Porosidad, % (volumen)	15 – 35
Permeabilidad ² L/min/m ² (cm/seg)	120 – 320 (0.20-0.54)
Resistencia a la compresión (MPa)	2.8 – 28
Resistencia a la flexión (MPa)	1 – 3.8
Contracción	200 x 104

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009, pág. 2.1)

Tabla 3 – Valores Específicos

Contenido de Agregado Fino %	N° 8 (3/8")	N° 67 (3/4")
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009, pág. 2.1)

Tabla 4 – Consistencia

Consistencia	Asentamiento
Sumamente Seco	-
Muy Seco	< 2 mm
Seco	0'' – 1''
Plástico Seco	1'' – 3''
Plástica	3'' – 5''
Muy Plástica	5'' – 7 1/2''

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009, pág. 2.1)

Tabla 5 – Tamaño máximo del agregado

Huso granulométrico N°	Tamaño del agregado TMN	
	(máx.)	(mín.)
67	3/4''	4
7	1/2''	16
8	3/8''	8
89	3/8''	16

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009, pág. 2.1)

1.6.3. Vaciado y Compactación

Para el vaciado y compactación de la mezcla se usara el siguiente equipo:

- ✓ Moldes cilíndricos estándar de 6" de diámetro y 12" de alto de acero galvanizado los cuales serán llenados con la mezcla en dos capas.
- ✓ Para compactar cada capa usamos el pisón del Próctor (4.5 kg y la altura de caída de 45.7 cm) dando 15 golpes cada capa. (Benites, 2014)

1.6.4. Curado

En el caso específico del concreto el curado es el proceso con el cual se

mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después del vaciado, para que se puedan desarrollar en él las propiedades de resistencia y durabilidad. Para el concreto permeable que se utiliza en pavimentos de bajo tránsito su curado normalmente utilizado es el de cubrir la superficie expuesta con un material de polietileno claro de 0.15 mm o más grueso en la dimensión suficiente para que pueda cubrir el ancho completo de un carril a lo largo de una distancia razonable, los materiales tejidos, tales como yute o una tela geotextil, no deben usarse, ya que no retendrán la humedad en el concreto. Los componentes de curado a base de cera no producen resultados aceptables. (Benites, 2014, pág. 18)

1.6.5. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión (propiedad mecánica del concreto permeable en estado endurecido), es la prueba más común del concreto convencional, que se encuentra relacionada con muchas de sus características como es el caso del módulo de elasticidad. La National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) y la Asociación de Pavimentos de Concreto (ACPA) tienen una política de que el ensayo de resistencia a la compresión es el método preferido de aceptación del concreto.

Los comités del ACI 325 y 330 sobre la construcción y diseño de pavimentos de concreto, 47 y la Asociación del Cemento Portland (PCA) puntualizan la utilización de los ensayos de resistencia a compresión como los más convenientes y confiables.

Según el ACI 522.R-10, no se han estandarizado procedimientos de prueba de esfuerzo a compresión para especímenes de concreto permeable, pues reconoce que la aplicación y sus características son diferentes, un hecho importante es que su propiedad principal es la permeabilidad y es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión.

Sin embargo, al no existir otro método de prueba de resistencia a la compresión específico para concreto permeable, ésta se obtuvo bajo lo establecido en la norma NTP 339.034 y a ASTM C 39.

El equipo utilizado es la prensa hidráulica, deflectómetro y balanza.

El procedimiento es el siguiente:

1. Colocamos el espécimen en la prensa hidráulica y aplicamos la carga a velocidad constante, registrando las lecturas para las cargas dadas en el tablero de la máquina y para la deformación dada en el deflectómetro adherido a la prensa.
2. La resistencia a la compresión del espécimen, debe estar cercana a la que se esperaba alcanzar y se obtiene dividiendo la carga de rotura (Kg.) entre la sección transversal del espécimen (cm^2).
3. La deformación unitaria se encuentra dividiendo la deformación total entre la altura del espécimen.
4. Después de aplicada la carga en intervalos de 2 Tn, a velocidad de 1.5 $\text{kg}/\text{cm}^2/\text{seg}$ (0.15 MPa/seg) que representa aproximadamente 16.60 Tn/min y terminar el ensayo se procede a registrar el tipo de falla de cada espécimen, para luego clasificarla según la Imagen N° 12, en donde se indica los tipos de falla según la norma NTP 339.034 y si falló el agregado o la pasta durante el proceso. (Díaz, 2017, pág. 46)

1.6.6. Permeabilidad

Se entiende por permeabilidad a la facilidad de movimiento de un flujo a través de un medio poroso. La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un gradiente hidráulico unitario. Se encuentra en plena votación la norma WK17606, método de prueba para evaluar la permeabilidad de pavimentos de concreto permeable por parte de la ASTM. (Benites, 2014, pág. 21)

1.6.7. Mantenimiento

El mantenimiento periódico de los pavimentos porosos ha demostrado una mejora en cuanto a su comportamiento y un aumento en su vida útil, la forma de hacer mantenimiento es a través del aspirado de los sedimentos en la superficie en condición seca cuando el clima lo permita, por ningún motivo se recomienda llevar a cabo procesos de lavado con agua a presión o barridos por medio de aire comprimido, pues estas dos practicas pueden remover los materiales de la capa de transición y generar vacíos, afectando la resistencia de la estructura a los esfuerzos. (Aquino, 2015, pág. 47)

1.6.8. Control de calidad de Inspección y ensayo

General

Como con cualquier material de ingeniería, es importante para verificar la calidad de un pavimento de concreto permeable. Las pruebas de la condiciones sub-base se llevan a cabo para asegurar una adecuada densidad, valor de apoyo, y la permeabilidad. Pruebas de la mezcla debe llevarse a cabo tanto para el fresco y endurecido propiedades del hormigón para asegurar la calidad de la unidad peso, el grosor y el espacio vacío. Muchos de la presente Métodos de ensayo ASTM y AASHTO son aplicables a una instalación de pavimento de concreto permeable, sin embargo, debido a la características físicas del material, no todos de hormigón en masa pruebas son apropiadas para el concreto permeable.

Inspección - Pre y pruebas

La determinación de la permeabilidad de la sub-base y el suelo análisis son particularmente importantes en el diseño y la construcción del proyecto. Las pruebas básicas de las propiedades de la subrasante deben incluir un análisis del

tamaño de partículas (ASTM D 422), clasificación de suelos (ASTM D 2487), y Proctor Estándar (ASTM D 698). Los resultados de estas pruebas proporcionarán el diseño con los datos necesarios. La prueba de beneficio estándar que se utiliza para el diseño de campos sépticos es no es una prueba adecuada para determinar la permeabilidad de la subrasante para los pavimentos permeables. Una sección de prueba de la subrasante debe ser compactada a la densidad especificada como parte del análisis de suelos antes de la finalización del diseño del proyecto.

El infiltrómetro de doble anillo (ASTM D 3385) u otra adecuada prueba debe realizarse para probar adecuadamente la permeabilidad. Para proyectos pequeños, estas pruebas pueden no ser necesarios, especialmente si el diseñador tiene experiencia previa con los suelos locales similares. Procedimientos de pruebas normales de densidad (compactación) en de acuerdo con un procedimiento estándar de ensayo ASTM debe ser realizado sin modificaciones antes de la colocación del concreto como parte de un plan normal de control de calidad.

Inspección y pruebas durante la construcción

Debido a las características físicas de la mezcla de hormigón, métodos de prueba estándar para la unidad de peso (densidad), nula relación, el rendimiento, la percolación, y otras propiedades de permeabilidad de pavimentos de concreto pueden no ser apropiados. Hasta el momento en que los nuevos métodos de prueba están completamente desarrollados, proyecto especificaciones deberán basarse en las proporciones de mezclas específicas para el concreto permeable. Las especificaciones típicamente requieren contenido de cemento mínimo, los volúmenes de áridos y gradación, mezclas, y agua. Los criterios de aceptación deben tener dos aspectos distintos. El primer criterio se basa en la mezcla de cemento Portland como se entrega y se basa en el peso de la unidad. Para la colocación de cada día, o cuando la inspección visual indica un cambio en la

aparición de la mezcla fresca, al menos una prueba debería llevarse a cabo a verificar la densidad del material. La prueba de la mezcla debe llevarse a cabo de conformidad con la norma ASTM C 172 y C 29. La aceptación debe estar en un valor de $\pm 5 \text{ lb/ft}^3$ (80 kg/m^3) del peso de la unidad de diseño. El segundo criterio se describe en la siguiente sección.

Inspección y prueba de Post construcción

El segundo criterio de aceptación debe basarse en la completado pavimento. El nivel de compactación de la fresca mezcla puede tener un impacto en la vida y la permeabilidad del producto terminado. Núcleos de tres muestras de la acera dará lugar a muestras de aceptación de grosor, contenido de vacíos, y unidad de peso. Las muestras de núcleos se deben obtener en de acuerdo con ASTM C 42 y probado a los 28 días de edad. Métodos de ensayo normalizados aún no existen para determinar la unidad peso. El Japanese Concrete Institute tiene un proyecto de prueba método (Tamai et al. 2004) y ASTM D 1188 pueden ser útil, pero la precisión y el sesgo de estas pruebas no ha sido determinado para el concreto permeable, la aceptación de Pavimentos debe basarse en el peso unitario medio de los núcleos que están dentro $\pm 5 \text{ lb/ft}^3$ (80 kg/m^3) de la unidad de peso de diseño.

Además, inspección visual de los núcleos permitirá la verificación de la necesaria abierto espacio vacío para facilitar el drenaje. Un visual inspección que muestra un cierre total o rigurosamente restringidos estructura de poros puede indicar un pavimento que no funcionará adecuadamente, y las secciones demostraron ser esencialmente impermeable debe ser eliminado y reemplazado. Acuerdo a lo que es esencialmente impermeable y el método de medición debe lograrse antes de la colocación inicial. Las pruebas se están desarrollando para determinar el lugar en la permeabilidad de los pavimentos. Adicionalmente, los

métodos de prueba se está desarrollando para los pavimentos de asfalto también puede funcionar para concreto permeable.

En ningún momento debe aceptación se basa en la compresión resistencia del concreto permeable sea como entregado, o como núcleo de la acera. Debido a la relación entre la compactación y la resistencia a la compresión, hay una amplia gama de las fortalezas que se pueden generar a partir de una sola entrega de concreto permeable. Además, aún no son estándar métodos de ensayo para probar la resistencia a la compresión de permeable hormigón. La experiencia local con materiales a través de completado proyectos, los paneles de prueba, o ambos deben dar una indicación si una proporción mezcla específica tendrá suficiente fortaleza para soportar las tensiones de las cargas de tráfico de diseño.

(BARAHONA, MARTINEZ, & ZELAYA, 2013, pág. 141)

1.7. Definición de términos básicos.

✓ **Concreto:**

Es un material compuesto que consiste esencialmente en un medio aglomerante (cemento Pórtland y agua) dentro del cual hay partículas o fragmentos de agregado, generalmente una combinación de agregado fino y agregado grueso; actualmente se hace uso de aditivos que son capaces de modificar las propiedades que tiene el concreto o darle alguna propiedad que no tiene de forma económica. (SIKA, 2019)

✓ **Concreto poroso:**

Se define al Concreto Poroso, como un concreto con asentamiento cero y granulometría abierta, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La mezcla de estos compuestos producirá un concreto endurecido con poros de diámetros de 2 a 12 mm que permiten que el

agua lo atraviere fácilmente. El contenido de vacíos puede variar entre 15 y 35%, la tasa de drenaje del pavimento permeable varía de acuerdo al tamaño del agregado. (ACI 522R-06, 2010)

✓ **Pavimento:**

Es una estructura compuesta por varias capas: la capa de la base, sub base y capa de rodadura, es una estructura de varias capas levantada sobre la subrasante del camino para soportar y repartir las cargas producidas por los vehículos y mejorar el bienestar, confort para el tránsito y aumentar la seguridad. (MTC, 2013)

✓ **Pavimento rígido:**

Los pavimentos rígidos se integran por una capa (losa) de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

La resistencia estructural depende principalmente de la losa de concreto. (Giordani & Leone, 2018)

✓ **Permeabilidad:**

Es la capacidad que tiene un material de permitirle a un flujo que lo atraviere sin alterar su estructura interna. (ACI 522R-06, 2010)

1.8. Formulación de la hipótesis.

La utilización de diferentes porcentajes de vacíos 15%, 17%, 19% y 23% en el concreto poroso, aumentara la permeabilidad en el concreto.

1.9. Propuesta de aplicación profesional.

Esta tesis se regirá en la línea de investigación: Gestión, Innovación y Tecnología

en Infraestructura y Sistemas Constructivos, establecida por la Universidad Privada de Trujillo, por lo cual nos enfocaremos en el cumplimiento de la misma, para poder dar solución al problema planteado en esta investigación.

Uno de los enfoques de esta línea de investigación es la innovación en los sistemas constructivos, por lo cual nosotros buscamos un nuevo método o sistema constructivo para la elaboración de pavimentos rígidos, que tengan como propiedad dotar de una mayor permeabilidad a los pavimentos, para así poder dar solución al problema de inundación de las calles, que sufre el casco urbano de la ciudad de Cajamarca por las lluvias, año tras año en época de invierno.

El concreto poroso aparte de ser utilizado para la elaboración de vías de tránsito vehicular, tiene muchas otras aplicaciones como en la construcción de ciclo vías, también se le puede utilizar para estabilizar riveras de ríos, pases peatonales, pisos de invernaderos, canchas de tenis, en estacionamientos, cubiertas de piscinas, entre otros. El uso de este concreto poroso dependerá mucho de las características específicas que se requiera obtener en el concreto como su resistencia a la compresión, la resistencia al flexión o su tasa de permeabilidad.

II. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1. Material.

a) Materiales.

El concreto permeable, también conocido como porosa, brecha - clasificado, permeable, o el incremento de la porosidad del concreto, consiste principalmente de cemento Pórtland normal, agregado grueso uniforme de tamaño, y el agua. Esta combinación forma una aglomeración de agregados gruesos rodeados por una capa delgada de endurecida pasta de cemento en sus puntos de contacto. Esta configuración produce grandes huecos entre el agregado grueso, que permite que el agua penetre a un ritmo mucho mayor que los convencionales hormigón. El concreto permeable se considera un especial tipo de hormigón poroso. Hormigón poroso se puede clasificar en dos tipos: uno en el que la porosidad está presente en el componente agregado de la mezcla (áridos ligeros hormigones), y uno en el que la porosidad se introduce en el componente no agregado de la mezcla.

Hormigón de áridos ligeros puede ser construida utilizando extremadamente poroso natural o sintético agregados. El concreto permeable tiene poco o ningún agregado fino en la mezcla. Otra distinción entre estos dos tipos concreta porosa se basa principalmente en la estructura de vacío. Hormigones de áridos ligeros contienen grandes porcentajes de relativamente nonconnected huecos. El concreto permeable, sin embargo, contiene un alto porcentaje de huecos interconectados, que permite el paso rápido de agua a través del cuerpo de hormigón. (ACI 522R-06, 2010)



Agregados

Los agregados utilizados en el concreto permeable son típicamente ya sea agregado grueso de un solo tamaño o clasificación entre $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ 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 C 33. Los agregados finos no deberían típicamente ser utilizado en mezclas de concreto permeable porque tienden a comprometer la conexión del sistema de poros. Materiales. (ACI 522R-06, 2010, pág. 2)



Tabla 6 – Requisitos normados granulométricos para el agregado grueso

HUSO	T.M.L.N.	Porcentaje que pasa por las Tamices Normalizadas													
		100 mm 4 "	90 mm 3 1/2"	75 mm 3 "	63 mm 2 1/2"	50 mm 2 "	37,5 mm 1 1/2"	25 mm 1 "	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "	4,75 mm N° 4	2,36 mm N° 8	1,18 mm N° 16	300 mm N° 50
1	90mm a 37,5mm 3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-	-	-
2	63mm a 37,5mm 3 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50mm a 25mm 2" a 1"	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 15	-	-	-	-	-
357	50mm a 4,75mm 2" a N°4	-	-	-	100	90 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37,5mm a 19mm 1 1/2" a 1/4"	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37,5mm a 4,75mm 1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25mm a 9,5mm 1" a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25mm a 9,5mm 1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25mm a 4,75mm 1" a N°4	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19mm a 9,5mm 3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19mm a 4,75mm 3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-
7	12,5mm a 4,75mm 1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-	-
8	9,5mm a 2,36mm 3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	9,5mm a 1,18mm 3/8" a N°16	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	25 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4,75mm a 1,18mm N° 4 a N° 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Cemento Portland según ASTM C 150, C 595, o C 1157

“Se utiliza como el aglutinante principal. Las cenizas volantes, cemento de escoria, y humo de sílice debe cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 618, C 989, C y 1.240, respectivamente”. (ACI 522R-06, 2010, pág. 2)

Producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. Cemento Portland Puzolánico Tipo 1PM: Es el cemento portland que presenta un porcentaje adicionado de puzolana menor de 15%. NORMA ITINTEC 334.044. (RNC, 2006, pág. 2.1)

Agua

Calidad del agua para el concreto permeable se rige por el mismo requisito que el concreto convencional. El hormigón permeable deben ser proporcionados con una watercement relativamente baja relación (w / c) (0,30 a 0,40) debido a una cantidad en exceso de agua dará lugar a un drenaje de la pasta y la posterior la obstrucción del sistema de poros. La adición de agua, por lo tanto, tiene que seguir de cerca en el campo. (ACI 522R-06, 2010)

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto permeable debe tener la misma calidad que la que es utilizada en la elaboración de un concreto convencional, satisfaciendo los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable. (Flores & Pacompia, 2015, pág. 46)

Aditivos

Los aditivos deben cumplir con los requisitos de la norma ASTM C 494. Los aditivos reductores de agua (de alta gama o médium range) se utilizan en función de la w/c. aditivos retardantes se utilizan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento, retardar mezclas son frecuentemente preferidos cuando se trata de rigidez mezclas, como el concreto permeable, sobre todo en caliente aplicaciones meteorológicas. Retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a la descarga de concreto desde una mesa de mezclas y pueden mejorar el manejo y las características en lugar de rendimiento.

Los aceleradores se pueden utilizar cuando se colocan hormigones permeables en tiempo frío. Los aditivos incorporadores de aire no han sido comúnmente utilizados en hormigones permeables, pero se puede utilizar en ambientes susceptibles a la congelación y descongelación. No fiable existe método, sin embargo, para cuantificar el volumen de aire arrastrado en estos materiales. (ACI 522R-06, 2010, pág. 3.5)

La Norma ASTM C 125 definen al aditivo como: “Un material distinto del agua, de los agregados y cemento hidráulico que se usa como componente del concreto o mortero. Las dosis en las que se utilizan los aditivos, están en relación a un pequeño porcentaje del peso de cemento, con las excepciones en las cuales se prefiere dosificar el aditivo en una proporción respecto al agua de amasado”.

El uso de aditivos está condicionado por:

- ✓ Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
- ✓ Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del concreto.

- ✓ Que un análisis de costo justifique su empleo. (UNI, 2012)

b) Humanos.

Rios Miñano Charles Jorge

Layza Vásquez, Leishman Jacob

Asesor: Ing. Enrique Manuel Durand Bazán

c) Servicios.

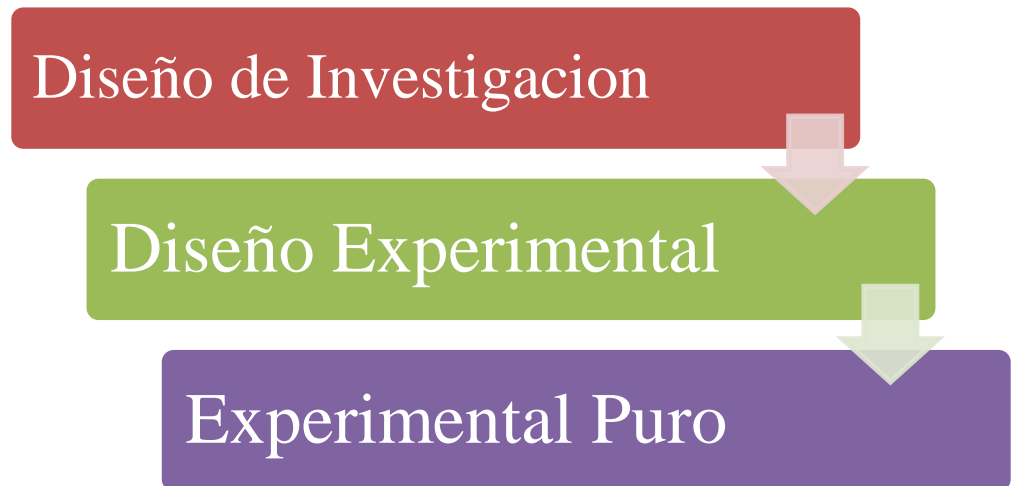
- ✓ Ensayo resistencia a la compresión.
- ✓ Ensayo de resistencia a la flexión del concreto.
- ✓ Ensayo de permeabilidad del concreto.
- ✓ Ensayo de granulometría de agregado grueso.
- ✓ Ensayo de peso específico de agregado grueso.
- ✓ Ensayo de peso unitario de agregado grueso.

2.2. Material de estudio.

2.2.1. Tipo de diseño de investigación.

- ✓ La presente investigación es de diseño experimental, ya que se pretendemos manipular las variables independientes existentes en nuestro proyecto, con el fin de obtener información o la influencia que tienen en alguna variable que sea de nuestro interés.
- ✓ En nuestro diseño la investigación es experimental puro, ya que al estudiar una o más variables independientes vamos a analizar y contemplar los resultados que se pueden obtener antes y después del tratamiento.

Gráfico 1 – Diseño de investigación



Fuente: Elaboración Tesistas

2.2.2. Población.

Todas las probetas de concreto poroso, que se van a utilizar en la investigación adicionando el porcentaje de vacíos, Cajamarca, 2020.

Unidad de Estudio: El concreto poroso

2.2.3. Muestra.

Para elegir la muestra según las pautas que da la norma American Institute of concrete, sobre el ensayo de resistencia a la compresión se efectúa en probetas cilíndricas ensayados a 28 días. Así que en nuestra investigación tomaremos como muestra 24 probetas de concreto poroso las cuales las seccionaremos en 4 etapas.

- Mezcla 15% de vacíos : 6 probetas y 2 vigas
- Mezcla 17% de vacíos : 6 probetas y 2 vigas
- Mezcla 19% de vacíos : 6 probetas y 2 vigas
- Mezcla 23% de vacíos : 6 probetas y 2 vigas

2.2.3.1. Muestreo No probabilístico:

En este método todo elemento y/o característica de la población carece o no tienen la misma probabilidad de estar en la muestra.

2.2.3.2. Muestreo por conveniencia:

Se escogió la técnica de muestreo por conveniencia, ya que el investigador tiene más facilidades de la toma de datos y evaluar el comportamiento del concreto poroso en su elaboración adicionando diferentes porcentajes de vacíos.

Gráfico 2 – Técnica de muestreo



Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 7 - Cuadro de muestreo

ENSAYO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA PROBETAS				
	PATRON	17 %	19 %	23 %
Concreto Poroso	6	6	6	6

ENSAYO DE PERMEABILIDAD Y RESISTENCIA VIGAS

	PATRON	17 %	19 %	23 %
Concreto Poroso	2	2	2	2

Fuente: Elaboración Tesistas

2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.3.1. De recolección de datos.

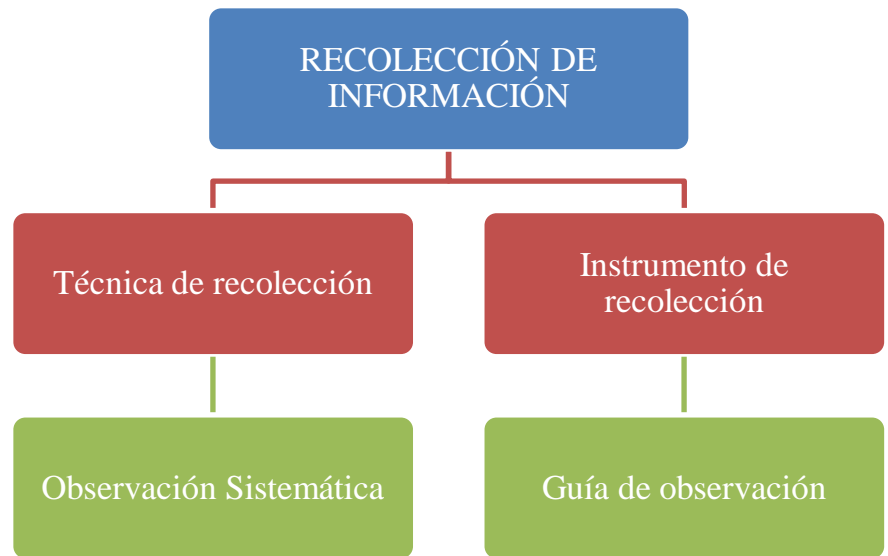
2.3.1.1. Técnicas de recolección de datos:

En el proyecto de investigación la técnica es la Observación, ya que a través de esta se puede hacer la recolección de datos e información in situ. La forma correcta de la recolección de información es mediante nuestros sentidos analizando y percibiendo en tiempo real el estado actual de los pavimentos rígidos y el sistema de drenaje de las calles de Cajamarca.

2.3.1.2. Instrumentos de recolección de datos:

Por el motivo de que se utilizara la técnica de Observación sistemática, entonces el instrumento a utilizar es la guía de observación, el cual se usa para describir de una forma correcta la elaboración del concreto permeable en sus diferentes composiciones y porcentajes de vacíos determinando así su permeabilidad y resistencia.

Gráfico 3 – Instrumentos de recolección de datos



Fuente: Elaboración Tesistas

2.3.2. De procesamiento de datos.

2.3.2.1. Método de análisis de datos:

La presente investigación está determinada que tiene un diseño experimental por lo tanto se va utilizar la estadística inferencial ya que se pretende intervenir en el comportamiento de nuestra población, en tal sentido los datos serán representados mediante gráficos y tablas.

Gráficos estadísticos:

De acuerdo a la clasificación nuestra variable es de tipo cuantitativa – continua, para lo cual el gráfico que se usa para este tipo de variable es el gráfico de barras (Histograma), ya que en este tipo de gráfico en uno de los ejes se visualiza las clases de la variable continua as cuales pueden ser intervalos y en el

otro eje se colocan las frecuencias. En este tipo de gráfico no existen separaciones entre las barras.

2.4. Operacionalización de variables.

2.4.1. Variables

a) Variable Independiente:

Concreto poroso con contenido de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%.

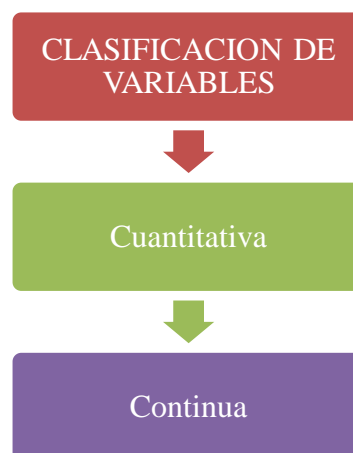
b) Variable Dependiente:

Propiedades del concreto poroso.

✓ Clasificación de Variables:

La variable de la investigación en base a su naturaleza es de tipo Cuantitativa – Continua, ya que en el estudio la variable es medible dentro de un intervalo de valores, en nuestro caso será en Litros, metros cúbicos o minutos. Teniendo en cuenta las condiciones del drenaje fluvial en Cajamarca.

Gráfico 4 - Clasificación de variables



Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 8 - Operacionalización de variable

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDADES
V. Independiente Concreto poroso con contenido de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%.	Referido a la cantidad de vacíos que se utilizará en cada diseño de mezclas de las muestras con diferentes porcentajes 15%, 17% 19% y 23%.(Tesistas).	Contenido de vacíos	%
V. Dependiente Propiedades del concreto Poroso.	Se refiere a las propiedades del concreto permeable obtenidas al someter el concreto a ensayos como la permeabilidad (ACI 522R), resistencia a la compresión (NTP 339.034) y resistencia la flexión (NTP 339.078). (Tesistas).	Permeabilidad	l/min/m ²
		Resistencia a la compresión	Kg/cm ²
		Resistencia a la flexión	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5. Procedimiento de desarrollo de la tesis..

A continuación veremos de forma detallada la realización de las operaciones y los procesos señalados para desarrollar nuestra investigación.

2.5.1. Ensayos de Agregados:

2.5.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso. Según la Norma Técnica Peruana 400.012/ASTM C-136.

Empezamos tomando una muestra del agregado a usar, la cual será secada en el horno del laboratorio, la muestra de agregados en estado seco, de masa conocida, será separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura o malla mayor a una menor, esta fase o etapa sirve para determinar la distribución del tamaño de las partículas de un determinado agregado.

2.5.1.1.1. Materiales y equipos

- Piedra chancada de 1/2" de la cantera de la zona.
- El agregado Fino no se usará.
- Tamices de: # 1 1/2", # 1", # 3/4", # 1/2", # 3/8", # 4, # 8, # 16, # 30, # 50, # 100 y # 200, según la Norma Técnica Peruana 400.012, 2001.
- Balanza digital 0.1 gr.
- Horno de laboratorio 110°C±5°C.

Figura:1 - Grava de 1/2 y tamices

Fuente: Elaboración Tesistas





Figura 2 - Balanza de aproximación

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 3 - Horno de $110^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5.1.1.2. Procedimiento:

➤ **Agregado grueso:**

- Del material extraído de la cantera se tomará una muestra representativa, cuya muestra será secada en el horno del laboratorio.
- Se pesará la muestra de 2.00 kg.
- Se elegirán los tamaños idóneos de tamices, como detalla la Norma Técnica Peruana 400.012.

- Se colocara el agregado pesado anteriormente en los tamices que tienen un orden por el tamaño de abertura.
- Posteriormente se sacudirá los tamices, cuyo procedimiento hará que los tamices retengan material en cada uno de ellos por su abertura.
- Seguidamente se pesará el material que quedó en todos los tamices (# 1/2", # 3/8" y # 4, # 8), así como también el sobrante en fondo.
- Se tomaran los datos obtenidos, calculando los porcentajes del material retenido, retenidos acumulados así como también los porcentajes que pasan.



Figura 4 - Muestra secada en el Horno

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 5 - Se agrega la muestra en los tamices

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 6 - Proceso de movimiento en los tamices

Fuente: Elaboración Tesistas

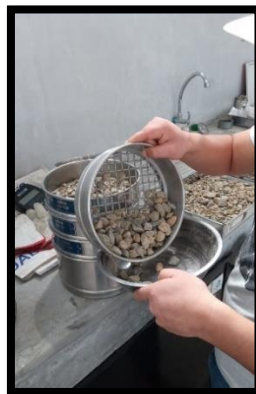


Figura 7 - Se retira las muestras en cada Tamiz

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 8 - Pesado del material retenido en cada tamiz

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5.1.2. Análisis del contenido de humedad según la Norma Técnica Peruana 339.185/ASTM C-566

Se determinara el porcentaje de humedad del agregado grueso, siguiendo la siguiente formula.

$$P = \frac{(W - D)}{D} * 100$$

Dónde:

P : Contenido de humedad.

W : Peso del agregado húmedo

D : Peso del agregado seco

2.5.1.2.1. Equipos y materiales:

- Muestra de agregado grueso en estado húmedo
- Horno de laboratorio 110°C±5°C.
- Taras
- Balanza digital 0.1 gr.

2.5.1.2.2. Procedimientos:

- Se realiza el pesado de las taras
- Posteriormente se pesa la muestra humedecida + la tara
- Se coloca la muestra al horno de laboratorio 24 horas
- Paso seguido se pesa las muestras las cuales fueron secadas en el horno de laboratorio
- Luego procederá a apuntar los pesos, para hacer el cálculo respectivo del contenido de humedad en los agregados.



Figura 9 - Pesado de tara y muestras + tara
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 10 - Se coloca las muestras en el horno 24h
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 11 - Pesado del material secado en el horno

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5.1.3. Ensayo de peso unitario según la Norma Técnica Peruana

400.017/ASTM C-29

Se refiere al peso alcanzado por un cierto volumen unitario, cuyo fin es determinar la proporción de mezcla de concreto por un volumen.

Se realizará el peso unitario suelto y el peso unitario trabajado o compactado, este ensayo se realizará al agregado grueso.

2.5.1.3.1. Equipos y materiales:

- Recipiente cilindro
- Agregado
- Balanza digital 0.1 gr.
- Barra lisa de acero de 5/8" Ø, 60 cm de largo con punta redonda.
- Un cucharón.

2.5.1.3.2. Procedimiento:

Ensayo de peso unitario suelto para el agregado grueso.

- Se pesara recipiente cilíndrico.

- Se llenará el recipiente cilíndrico, hasta rebalsar el recipiente. El material sobrante se limpiará con una regla o barra lisa de metal.
- A continuación se pesará el recipiente más su contenido, y los pesos serán anotados.
- Cuyo proceso se tendrá que repetir por tres oportunidades, para así calcular y encontrar el promedio del peso unitario suelto.

Ensayo de peso unitario compactado para el agregado grueso.

- Se pesará recipiente cilíndrico.
- Se llenará el recipiente cilíndrico, la 1/3 parte del recipiente nivelando el agregado posteriormente se chuceará el agregado con 25 golpes los cuales tienen que ser distribuidos de forma equitativa en toda la superficie.
- Se llena las 2/3 partes igual que el paso anterior se chusea dando 25 golpes.
- Para finalizar se llena el recipiente más de su capacidad, finalmente se chusea por última vez con 25 golpes.
- Se elimina el agregado que sobra usando la barra para compactar.
- Se anota el peso del recipiente y su contenido.
- Todo el proceso anteriormente señalado se tiene que repetir por tres oportunidades, para así obtener el promedio y posteriormente anotar los resultados.

2.5.1.4. Ensayo de peso específico del agregado grueso según la Norma Técnica Peruana 400.021/ASTMC-127

Se determinará el peso específico seco, también el peso específico saturado con la superficie seca, también peso específico

aparente así como la absorción del agregado grueso, con la finalidad de usar estos datos en el cálculo así como en la corrección de los diseños de mezclas.

2.5.1.4.1. Equipos y materiales:

- Agregado grueso
- Balanza digital 0.1 gr.
- Agua
- Taras
- Canastilla malla metálica
- Tamices # 4
- Horno de laboratorio $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

2.5.1.4.2. Procedimiento:

- La muestra se secura a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ de temperatura.
- Luego se saturara la muestra en agua por 1 día, para llenar todos los poros con agua.
- Posteriormente se retirara del agua, y se secura el agua de la superficie para así pesarlas y anotar el resultado.
- Se pesará la muestra sumergida en un recipiente con agua.
- Como siguiente paso se seca la muestra en el horno y se después será pesada por tercera oportunidad.
- Se procederá a los resultados del ensayo la cual se calculará el peso específico de la masa, el peso específico de la masa saturada con la superficie seca, el peso específico aparente así como la absorción.



Figura 12 - Muestra secada en el horno

Fuente: Elaboración Tesistas

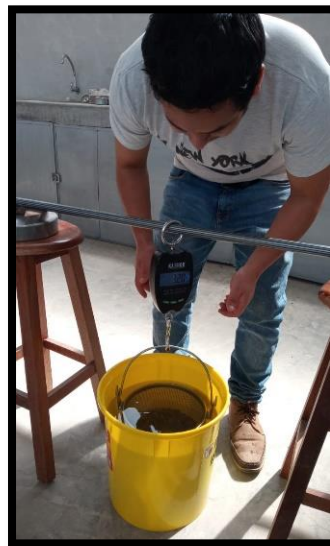


Figura 13 - Pesado de muestra sumergida en agua

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 14 - Pesado de muestra secada al horno y pesada una tercera vez

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5.2. Diseño de mezcla patrón de concreto permeable, usando diferentes porcentajes de vacíos según el método ACI 211 – 3R.

Después de haber obtenido todas las propiedades del agregado, se continúa con la realización del diseño de mezclas patrón usando varios porcentajes de vacíos.

2.5.2.1. Procedimiento:

- a) Después de evaluar las propiedades especificaciones y características y son las siguientes:
 - El porcentaje de Vacíos 15% diseño patrón.
 - El tipo de cemento a utilizar: cemento Pacasmayo tipo I.
- b) Se determinara el peso del agregado, usando la tabla de datos de ACI 211.3R.

Tabla 9 - Valores definidos:

Agregado fino (%)	b / b _o	
	# 8 - 3/8"	# 67 - 3/4"
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009)

Usaremos el tamaño 1/2'' el cual tiene un porcentaje de agregado fino de 0%, del cual se tomó el valor 0.99.

- c) Posteriormente se calculó el peso del agregado usando los valores de la tabla #3 en la ecuación #01.

Pesoagre = Peso unitario de agregado x Factor... (**Ecuación #01**)

- d) Se procede a ajustar peso saturado superficialmente seco por el peso de agregado usando la ecuación #02.

$$\text{Pesosasuse} = \text{Ecuación \#01} \times \% \text{ Absorción} \dots \dots \text{ (Ecuación \#02)}$$

- e) Se calculará el volumen de grava.

$$\text{Volgrav.} = \text{Pesosasuse} / \text{Pem} \dots \dots \dots \text{ (Ecuación \#02)}$$

En donde:

Volgrav. : Volumen de la grava.

Pesosasuse: Peso de agregado ajustado.

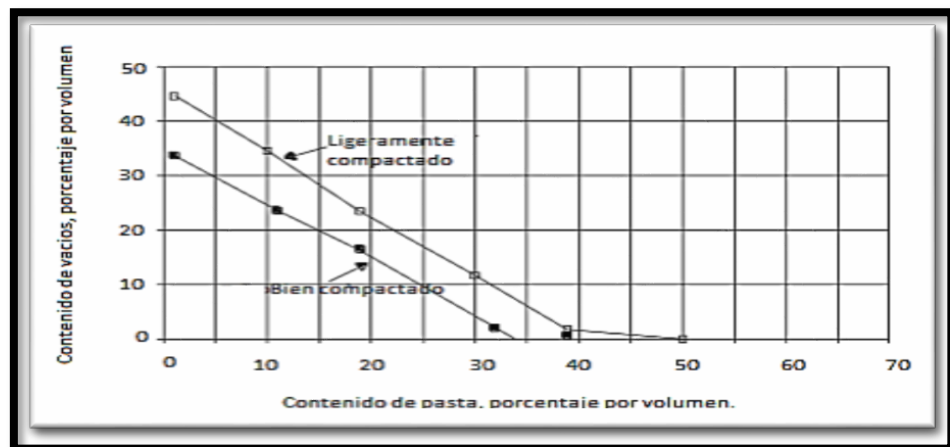
Pem: Peso Específico de la masa.

- f) Obtención del volumen de la pasta.

En la siguiente figura de la norma ACI 211.3R se obtiene el

Volumen de pasta.

Gráfico 5 - La relación contenido de vacíos y contenido de pasta para el agregado de 1/2"



Fuente: (ACI 211 - 3R - 02, 2009)

- g) Después de calcular el volumen de la pasta se usaremos una relación agua - cemento según la norma ACI 211.3R la cual tiene un rango de 0.35 a 0.45 a / cm.

- h)** A continuación se calcula la cantidad de cemento usando la ecuación

#04.

$$\text{Volpas} = (\text{Pcem}/\text{Dapacem} \times 1000) + (\text{a-c}) \times \text{Pcem}/1000 \dots (\text{Ecuación \#04})$$

En Donde:

Volpas : Volumen de la pasta.

Pcem : Peso del Cemento.

Dapacem : Densidad aparente del cemento.

A-c : Relación agua - cemento.

- i)** Después de calcular cuánto cemento se usará se continua calculando cuánta agua se necesitara usando la ecuación #05

$$\text{Wa} = \text{Pcem} \times \text{a-c} \dots \dots \dots (\text{Ecuación \#05})$$

En donde:

Wa : Cantidad agua.

Pcem : Peso del cemento.

A-c : Relación de agua - cemento.

- j)** Posteriormente se determinara los distintos volúmenes de los materiales.

$$\text{Volumen del agregado} = \text{Pss} / \text{Pe}.$$

En donde:

Pesosase : Peso del agregado ajustado.

Pe : Peso específico

$$\text{Volumen del cemento} = \text{Pcem} / \text{Dacem}$$

Donde:

Pcem : Cantidad de cemento.

Dapacem : Densidad aparente del cemento.

Volumen de agua = W_a / D_{apaa}

En donde:

W_a : Cantidad de agua.

D_{apaa} : Densidad aparente de agua.

k) Paso seguido se determinará el volumen de vacíos.

El Volumen de vacios se calculara mediante la ecuación #06

$V_{vac} = (((V_{total} - V_{sol}) / (V_{total})) \times 100)$

En donde:

V_{total} : Volumen total.

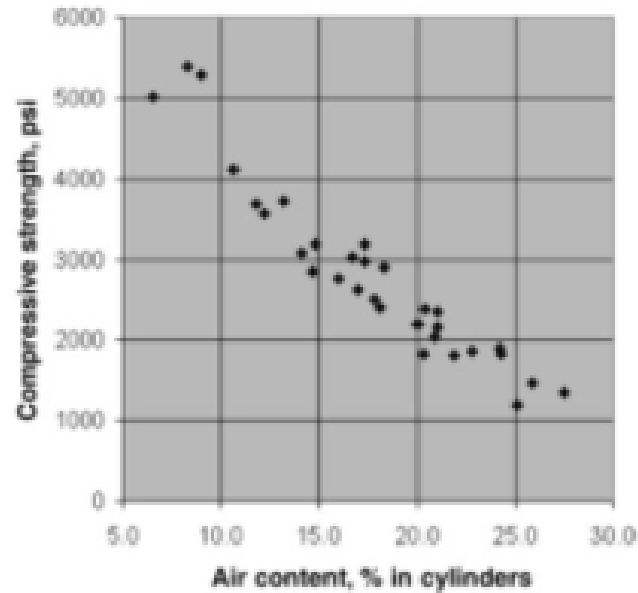
$V_{sol.}$: Volumen de los sólidos.

En el supuesto caso que no se cumpla con el volumen de vacíos que se requiere, se aplicaría lo que recomienda las normas ACI-211-3R. La cual es usar más cemento sin que se afecte la relación de agua-cemento con una cantidad superior a 30 kilos, hasta cumplir con el requerimiento de volumen de vacíos.

l) Después se tiene que adicionar cemento hasta que se cumpla con el volumen de vacíos que se requiere, y posteriormente se hace el cálculo de los volúmenes anteriores.

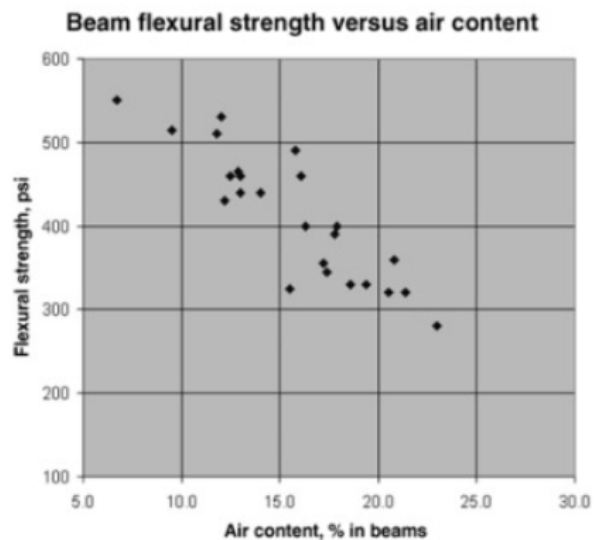
m) Paso seguido se tiene que definir la tasa de infiltración teórica mediante la figura.

Gráfico 6 – Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la compresión del concreto permeable.



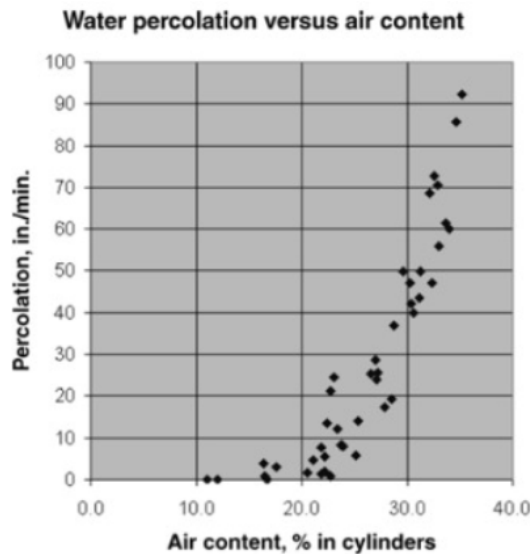
Fuente: (ACI 522R-06, 2010)

Gráfico 7 – Relación entre el contenido de aire y la resistencia a la flexión para concreto permeable.



Fuente: (ACI 522R-06, 2010)

Gráfico 8 - Relación entre el contenido de aire y la velocidad de infiltración para concreto permeable.



Fuente: (ACI 522R-06, 2010)

n) Y para concluir, se calcularon las cantidades o pesos, diseño y en laboratorio.

Se hizo un diseño de mezclas que serán el patrón con 15% de vacíos,

Siguiendo el método ACI-211-3R.

2.5.3. Elaboración de prueba de mezcla aumentando distinto porcentaje de vacío.

Se determinara las características mediante el diseño de mezcla patrón de 15% de vacío, se realizará la prueba de otros diseños con diferentes porcentajes:

a. Para el proyecto de investigación se obtuvieron los diseños de mezclas con diferentes porcentajes de vacío, ahora mediante el método gravimétrico, determinar el porcentaje de vacíos.

b. Se esperó 03 horas las cuales es el tiempo máximo para fijar los tiempos comparativos, se esperó ese tiempo para que el concreto tenga 0 de asentamiento.

2.5.4. Preparación del concreto permeable y realización del ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón de 15% de vacíos, según la Norma Técnica Peruana 339.033/ ASTM C-31.

Se elaboró y ejecuto los diseños de mezcla del concreto patrón, y se realizaron 6 probetas las cuales serán evaluadas a los 28 días.

a. Componentes:

Cemento:

El cemento portland tipo I, es un cemento que cumple con la Norma Técnica Peruana 334.009 para la elaboración del concreto.

Agregados:

El agregado a utilizar para la realización del concreto fueron extraída de la cantera Roca Fuerte el cual pertenece al rio Chonta que está ubicada en el distrito de Baños del Inca – Cajamarca – Cajamarca, los cuales cumplen con los requisitos que estipulan la Norma Técnica Peruana 400.012 y 400.037.

El tamaño máximo nominal usado para la fabricación del concreto es 1/2”.

Tabla 10 - Límites de granulometría agregado Grueso (Huso granulométrico #8 Tamaño Máximo Nominal 1/2")

Tamiz	Porcentaje que Pasa
1/2”	100 a 100
3/8"	85 a 100
Nº 4	10 a 30
Nº 8	0 a 10
Nº 16	0 a 5

Fuente: (NTP 400.037, 2014)

Agua:

Se utilizara agua potable para la realización del concreto, en la fase de la realización del concreto como para el uso del curado, la cual cumple con las disposiciones de la Norma Técnica Peruana 339.088.

b. Instrumentos:

- Moldes.
- Varilla compactadora.
- Martillo de goma.
- Cucharón.
- Pala.
- Espátula.
- plancha de albañilería.
- Cono de Abrams.
- Cilindro de metal.
- Medidor de contenido de aire.
- Termómetro.
- Mezclador de concreto.
- Recipiente, para pesos unitarios.
- Balanza digital 0.1 gr.



Figura 15 – Mezclador de concreto, Cilindro de metal
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 16 – Barra compactadora
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 17 – Cilindros Metálicos (Moldes Probetas)
Fuente: Elaboración Tesistas

c. Ejecución según la Norma Técnica Peruana 339.033/

ASTM C-31

- Se realizaran las muestras después de obtener el diseño de mezcla en base a la Norma Técnica Peruana 339.033, las cuales se realizaran 6 probetas patrón.
- Después, en base al diseño de mezcla se pesa los materiales necesarios para la siguiente tanda.
- Luego en la mezcladora de concreto se colocara todos los materiales como son Agua, agregado grueso y cemento; así la mezcladora homogenice los materiales.
- Paso siguiente después me mezclar, se realiza los ensayos de concreto en estado fresco, así corroborar la calidad y cualidades del concreto como son:



Figura 18 – Pesado de materiales para el concreto poroso

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 19 – Se coloca el agregado y cemento a la mezcladora

Fuente: Elaboración Tesistas



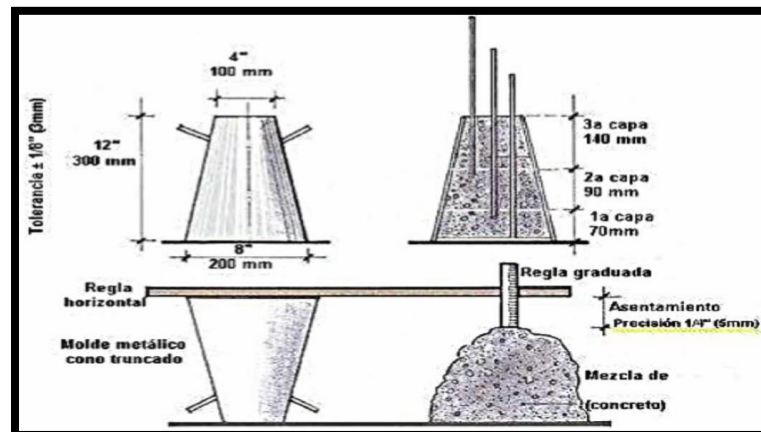
Figura 20 – se agrega el agua

Fuente: Elaboración Tesistas

✓ **Ensayo de asentamiento del concreto según la Norma Técnica Peruana 339.035/ ASTM C-143.**

Se realizó usando el cono de Abrams, y el procedimiento es llenando el concreto en 3 niveles y en cada capa se da 25 golpes con la barra compactadora, para finalizar se levanta verticalmente con cuidado el cono y colocar al costado del cono de concreto pero el cono de abrams ira boca abajo como se muestra en la siguiente figura para así medir el asentamiento con una wincha.

Figura 21 - Procedimiento para medir el asentamiento.



Fuente: Control de calidad de Concreto (NTP, 2002)



Figura 22 – Cono de Abrams

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 23 – Se lleva el concreto en 3 capas

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 24 – Cada capa se da 25 golpes con la barra
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 25 – Se nivela la parte superior
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 26 – Se levanta el cono y se mide el asentamiento
Fuente: Elaboración Tesistas

✓ **Análisis de peso unitario según la Norma Técnica Peruana 339.046/ ASTM C-138.**

- Se pesara el recipiente vacío.
- Se medirá el recipiente, para calcular su volumen.
- Luego se llenará en tres capas de igual volumen para posteriormente compactar cada capa.
- Se nivelara la parte superior del concreto, dejando una superficie suave.
- Se pesara el recipiente lleno de concreto, para determinar su peso.



Figura 27 – Se pesa y se calcula el volumen del molde metálico

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 28 – Se llena el concreto en el molde en 3 capas

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 29 – Se da 25 golpes uniformes por capa
Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 30 – Se nivela y pesa el molde lleno de concreto
Fuente: Elaboración Tesistas

✓ **Ensayo de Contenido de aire en concreto fresco según la
Norma Técnica Peruana 339.046/ ASTM C-138.**

- Mediante este ensayo al concreto fresco se determinara el contenido de aire por el método volumétrico.

$$A = AR - C + W$$

De donde:

- A = contenido de aire en porcentaje
- AR = lectura final del medidor en porcentaje
- C = factor de corrección de la Tabla 1, en porcentaje
- W = número de copas calibradas de agua añadidas al medidor.

d. Ensayo de resistencia a la compresión según la Norma Técnica Peruana 339.034/ASTM C-39.

- Las muestras elaboradas son retiradas de la poza de curado colocados ahí por un periodo de 28 días.
- Las muestras son ensayadas en la prensa hidráulica de compresión a los 28 días, para obtener la resistencia a la compresión final.
- Se colocara un código a cada una de las probetas a ensayar.
- Se aplicara la carga, verificando la deformación unitaria.
- Anotando finalmente la carga última y la deformación última.



Figura 31 – Muestras en la poza de curado a 28 días

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 32 – Probetas patrón de 15% antes de la prueba

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 33 – Carga máxima soportada por las probetas patrón 15%.

Fuente: Elaboración Tesistas

e. Cálculos según la Norma Técnica Peruana 339.034.

$$\sigma = P_{\max} / A$$

Donde:

σ = Resistencia a la compresión.

P = Presión de rotura

A = Área

El área A de la probeta se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$A = (\pi \text{ á diámetro}^2)/4$$

2.5.5. Ejecución del ensayo de resistencia a la compresión del concreto poroso adicionando varios porcentajes de vacíos 15%, 17%, 19% y 23% según la Norma Técnica Peruana 339.033.

Se elaboraran 24 probetas y 8 vigas para las mezclas de concreto permeable con adición de diferentes porcentajes de vacíos, siguiendo el diseño de mezcla para cada uno de los porcentajes establecidos anteriormente.

Procedimiento del ensayo según la Norma Técnica Peruana 339.033.

- Primero se tiene que pesar los materiales en cantidades exactas para el turno correspondiente en base al diseño de mezcla.
- Posteriormente se procede a mezclar todos los materiales en la mezcladora (agua, cemento y agregado grueso), combinándose de forma uniforme.
- Después una vez la mezcla esta lista se procede a ensayar el asentamiento usando el cono de abrams, así comprobar que la mezcla tiene una consistencia seca.
- Finalmente se verifica los ensayos siguientes para determinar la calidad del concreto fresco:



Figura 34 – Pesado de los agregados, agua y cemento para el concreto de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 35 – Todos los agregados son mezclados uniformemente

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 36 – Se procede a evaluar la consistencia del concreto slump

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 37 – Se mide el asentamiento de los concretos con 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

Fuente: Elaboración Tesistas

- **Ensayo peso unitario según la Norma Técnica Peruana 339.046.**
 - Se pesara recipiente vacío y se anotara su peso.
 - Se medirá el recipiente, para así saber su volumen.
 - Luego se llenara y compactara el recipiente en tres capas uniformes.
 - Se nivelara la superficie del concreto.
 - Luego se pesara el recipiente lleno con concreto y se anotara su peso.



Figura 38 – Se pesa y mide el recipiente metálico para saber el peso y volumen

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 39 – Llenado y compactado de concreto en 3 niveles con 25 golpes cada uno.

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 40 – Llenado y compactado de las vigas en 3 niveles con 25 golpes cada uno.

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 41 – Se pesa las probetas y vigas llenas con concreto para anotar el peso.

Fuente: Elaboración Tesistas

➤ **Ensayo de contenido de aire en el concreto fresco según la Norma Técnica Peruana 339.081.**

- Por el método volumétrico será determinado el contenido de aire en el concreto en estado fresco.

➤ **Ensayo de resistencia a la compresión (NTP 339.034)**

Se seguirá el mismo procedimiento que se tomó para realizar el ensayo de resistencia a la compresión para el concreto permeable con 15% de vacíos, para cada una de las adiciones. Para posteriormente realizar el registro, ordenamiento y análisis de la información obtenida al realizar el ensayo, mediante hojas de cálculo en microsoft Excel 2016, para un mejor proceso de la información.

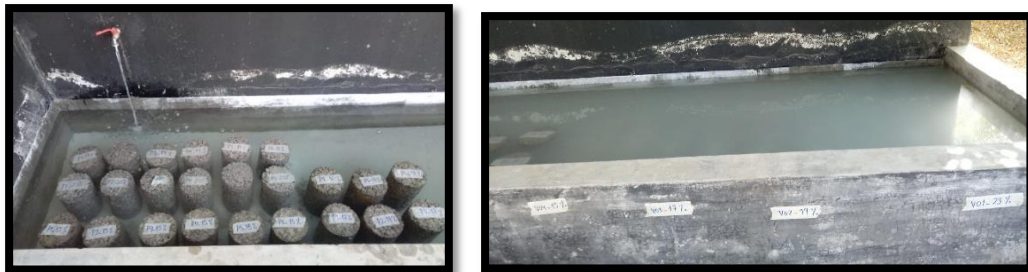


Figura 42 – Se saca las probetas y vigas a ensayar a 28 días de curado

Fuente: Elaboración Tesistas

Figura 43 – Probetas etiquetadas de 15%, 17%, 19% y 23% antes de la prueba



Fuente: Elaboración Tesistas

Figura 44 – Carga máxima soportada por las probetas 15%, 17%, 19% y 23%.



Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 45 – Probetas ya ensayadas

Fuente: Elaboración Tesistas

2.5.6. Ensayo de resistencia a la flexión del concreto poroso:

El ensayo de resistencia a la flexión del concreto poroso, se expresa como Módulo de Rotura (R), y se utiliza para determinar cómo actúa la tracción en el concreto. El procedimiento puede ser con cargas en 2 puntos tercios o 1 punto céntrico. Se usará el método de destrucción de la viga con la carga céntrica según lo establece las normas ASTM C 293 / NTP 339.079.

Se utilizará una máquina para el ensayo de flexión la cual cumpla con todos los requerimientos que exige la norma, la cual debe estar completamente calibrada y ser capaz de controlar la velocidad de la carga de forma uniforme.

Pasos o metodología:

- a.** Se elaborarán especímenes de para este ensayo en forma de viga, cuyas dimensiones serán 50 cm largo x 15 cm de ancho x 15 cm de altura, todas tendrán las mismas dimensiones.
- b.** Se elaborarán 2 vigas de distintos porcentajes de vacíos 15%, 17%, 19 y 23% las cuales son un total de 8 vigas y serán evaluadas a los 28 días de curado.

- c. Luego se someterá cada viga a la máquina de ensayo. Y se calculará el módulo de ruptura con la siguiente ecuación, el Módulo de ruptura según ASTM C 293.

$$R = \frac{3PL}{2bd^2}$$

R = Módulo de ruptura y se mide en MPa (lb / pulg²)

P = La máxima carga aplicada por la máquina en N (lbf).

L = Longitud entre los soportes en mm (pulg).

b = promedio de ancho de la viga, en fractura, mm (pulg).

d = Promedio de espesor de la viga, en fractura, mm (pulg).

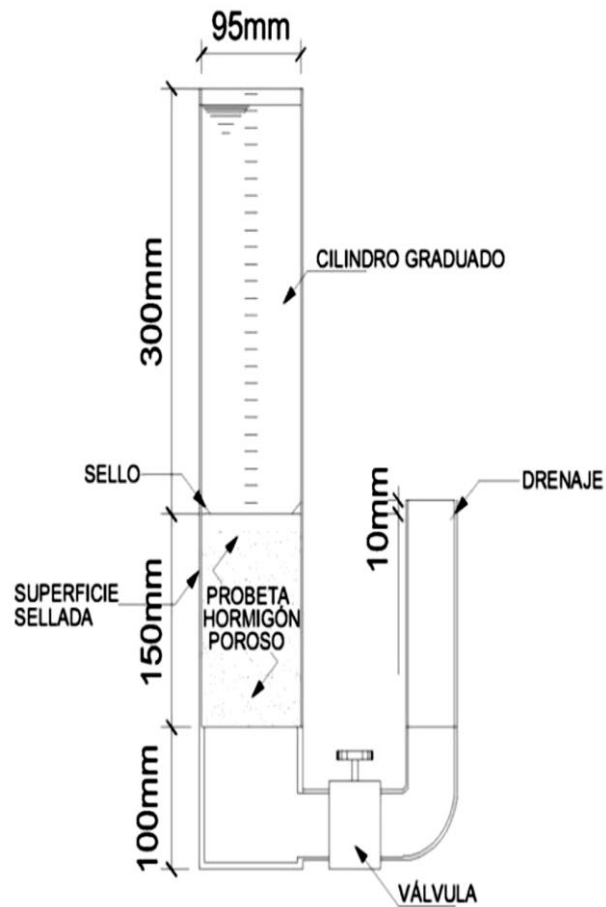
2.5.7. Ensayo de permeabilidad del concreto poroso:

El ensayo de permeabilidad nos permite saber el coeficiente de permeabilidad del concreto poroso.

Para calcular la permeabilidad en el concreto poroso hay dos procedimientos. Según la Norma ASTM C 1701 la cual describe como “Método Estándar para Prueba de Infiltración en el Concreto Permeable” así como el otro procedimiento se encuentra descrito en la norma ACI 522R-10.

En nuestra la realización de nuestra investigación usaremos los pasos que demanda la ACI 522R - 10, en cuyo procedimiento es necesario el uso de un permeámetro el cual debe tener carga cambiante, en dicho permeámetro se ensayaran las probetas.

Figura 46 – Partes del Permeámetro para ensayo de permeabilidad.



Fuente: Reporte ACI 522R-10.

El cálculo del coeficiente de permeabilidad, se realizara utilizando la ley de Darcy.

$$k = \frac{L}{t} \times \frac{a}{A} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

En dónde:

k : Coeficiente de permeabilidad.

L : Longitud de muestra.

A : Área de muestra.

a : Área de tubería de carga

t : Tiempo que demora en pasar (h_1-h_2)

- h_1 : Altura de agua medida de la parte superior de la muestra
- h_2 : Altura de la tubería de salida del agua con respecto a la parte superior de la muestra (1cm).



Figura 47 – Construcción del permeámetro para el ensayo de permeabilidad.

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 48 – Permeámetro terminado

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 49 – Permeámetro en ensayo

Fuente: Elaboración Tesistas



Figura 50 – Prueba de permeabilidad de la viga

Fuente: Elaboración Tesistas

III. RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación representan los valores obtenidos en los ensayos realizados en el laboratorio de suelos y concreto, para el agregado grueso, así como también para los ensayos realizados para el concreto en estado fresco y endurecido. Los ensayos se realizaron de acuerdo a la NTP 400.037 requisitos de los agregados para el concreto.

3.1. Resultado de Ensayos del Agregado Grueso

3.1.1. Ensayo Análisis Granulométrico

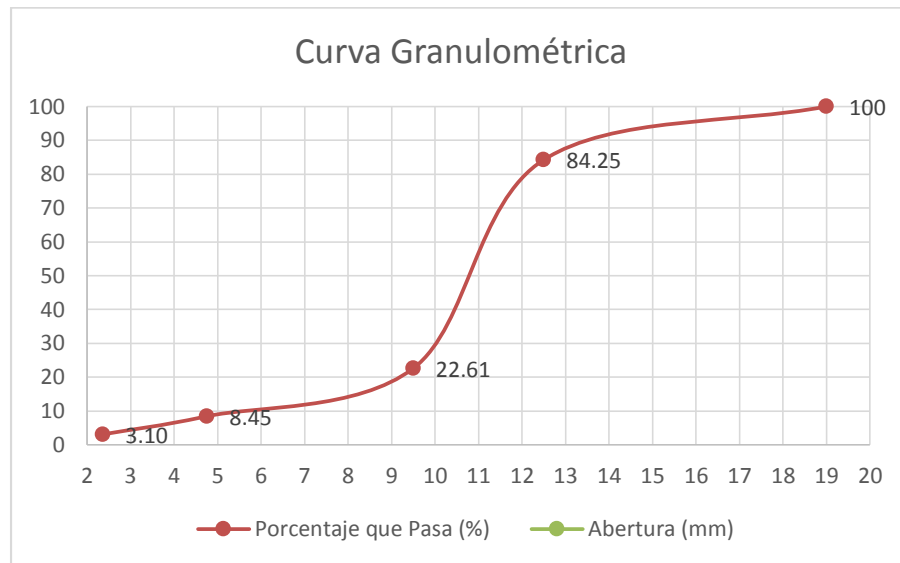
El ensayo se llevó a cabo siguiendo lo establecido en las especificaciones de la NTP 400.012.

Tabla 11 - Análisis granulométrico agregado grueso.

TAMIZADO DE MUESTRA					
Peso inicial (gr):		2000 gr			
Tamiz o malla	Nº	Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
19	3/4"	0	0	0	100
12.5	1/2"	377.03	18.85	15.75	84.25
9.5	3/8"	1232.78	61.64	77.39	22.61
4.75	4	283.29	14.16	91.55	8.45
2.36	8	106.89	5.34	96.90	3.10
Cazoleta		0	0	100	0.00
Total		2000			

Fuente: Elaboración Tesistas.

MF	Ret. Acumulado (%) =	$(1/2'' + 3/8'' + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + 100 + 100 + 100 + 100)$
MF =	6.81591	100

Gráfico 9 – Curva Granulométrica


Fuente: Elaboración Tesistas.

3.1.2. Ensayo Contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad del agregado grueso se realizó según las especificaciones técnicas establecidas en la NTP 339.185.

Tabla 12 - Contenido de humedad del agregado grueso.

Contenido de Humedad de Muestra					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M1	M2	M3	M4
Pr + Ph (gr)	A	1365.8	1344.1	1266.8	1544.7
Pr + Ps (gr)	B	1357.7	1335.7	1258.7	1535.6
Pr (gr)	C	83.5	78.4	73.1	90.2
Ph (gr)	W = A- C	1282.3	1265.7	1193.7	1454.5
Ps (gr)	D=B-C	1274.2	1257.3	1185.6	1445.4
Humedad (%)	$((W - D)/D)*100$	0.64	0.67	0.68	0.63
PROMEDIO		0.65			

Fuente: Elaboración Tesistas.

3.1.3. Ensayo Peso Específico:

El ensayo de peso específico del agregado grueso se llevó de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NTP 400.021.

Tabla 13 - Peso Específico del agregado grueso.

Peso Específico de Agregado Grueso			
Agregado Saturado Superficialmente Seco + tara (gr)			3158.7
Agregado Seco + tara (gr)			3093.3
Peso tara (gr)			158.7
Agregado Saturado Superficialmente Seco (gr)	B		3000
Agregado Seco (gr)	A		2963.6
Agregado + canastilla sumergida (gr)			3408.3
Peso canastilla sumergida (gr)			1548.6
Agregado Saturado sumergido (gr)	C		1859.7
Temperatura del agua			
Peso específico aparente (Pea)	$(A/(A-C))*1000$		2684.66
Peso específico de masa saturada con superficie seca	$(B/(B-C))*1000$		2630.89
Peso específico de masa (Pem)	$(A/B-C)*1000$		2598.97
Absorción (%)	$((B-A)/A)*100$		1.23

Fuente: Elaboración Tesistas.

3.1.4. Ensayo Peso Unitario Suelto (PUS)

Para el ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso se utilizó las especificaciones establecidas en la NTP 400.017 para este tipo de ensayos.

Tabla 14 - Peso Unitario Suelto del agregado grueso.

Peso Unitario Suelto (PUS)					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida más el agregado (Kg)	G	17.239	17.243	17.242	17.239.5
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4.220	4.220	4.220	4.220
Peso de recipiente de medida más agua (Kg)	A	13.380	13.380	13.380	13.380
Temperatura (°C)		18	18	18	18
Densidad del Agua (kg/m ³)	D	998.68	998.68	998.68	998.68

Factor de la medida (m ³)(F)	D/(A-T)	109.026	109.026	109.026	109.026
Peso unitario suelto (kg/m ³)	(G-T)*F	1419.37	1419.88	1419.72	1419.47
PROMEDIO		1419.61			

Fuente: Elaboración Tesistas.

3.1.5. Ensayo peso Unitario Compactado (PUC)

Para el ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso se utilizó las especificaciones establecidas en la NTP 400.017 para este tipo de ensayos.

Tabla 15 - Peso Unitario Compactado del agregado grueso.

Peso unitario compactado (PUC)					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida más el agregado (kg)	G	18.112	18.099	18.110.8	18.099.8
Peso del recipiente de medida (kg)	T	4.220	4.220	4.220	4.220
Peso de recipiente de medida más agua (kg)	A	13.380	13.380	13.380	13.380
Temperatura (°C)		18	18	18	18
Densidad del Agua (kg/m ³)	D	998.68	998.68	998.68	998.68
Factor de la medida (m ³)(F)	D/(A-T)	109.026	109.026	109.026	109.026
Peso unitario suelto (kg/m ³)	(G-T)*F	1514.61	1513.12	1514.46	1513.26
PROMEDIO		1513.86			

Fuente: Elaboración Tesistas.

3.2. Resultados de Diseños de Mezclas

Los diseños de mezcla para los diferentes porcentajes de vacíos se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en las normativas

ACI 211. 3R-02 Guía para la selección de proporciones para concreto de cero slump y el ACI 522R-10 Concreto permeable.

3.2.1. Diseño de Mezcla 15 % de Vacíos

Se hizo el diseño de mezcla para el contenido de vacíos del 15 % obteniendo las cantidades de materiales para un 1 m³ de concreto, así como también las cantidades para la elaboración de 6 probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, y las cantidades de materiales para la elaboración de 2 vigas de 15 cm de ancho por 15 cm de alto por 50 cm largo.

**Tabla 16 - Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto.
Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.**

Cantidad de Cemento	392.362	kg
Cantidad de agregado	1517.15	kg
Cantidad de agua	141.25	Lts
Cantidad de vacíos	15	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 17 - Cantidad de materiales para 6 probetas.

Cantidades para 6 probetas		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	13.81	kg
Cantidad de agregado	53.4	kg
Cantidad de agua	5	Lts
Cantidad de vacíos	15	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 18 - Cantidad de materiales para 2 vigas.

Cantidades para 2 vigas		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	9.93	Kg
Cantidad de agregado	38.38	Kg
Cantidad de agua	3.57	Lts
Cantidad de vacíos	15	%

Fuente: Elaboración Tesistas

3.2.2. Diseño de mezcla 17 % de vacíos.

Se hizo el diseño de mezcla para el contenido de vacíos del 17 % obteniendo las cantidades de materiales para un 1 m³ de concreto, así como también las cantidades para la elaboración de 6 probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, y las cantidades de materiales para la elaboración de 2 vigas de 15 cm de ancho por 15 cm de alto por 50 cm largo.

Tabla 19 - Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto.

<i>Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.</i>		
Cantidad de Cemento	363.078	kg
Cantidad de agregado	1517.15	kg
Cantidad de agua	130.71	Lts
Cantidad de vacíos	17	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 20 - Cantidad de materiales para 6 probetas.

<i>Cantidades para 6 probetas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	12.8	kg
Cantidad de agregado	53.4	kg
Cantidad de agua	4.6	Lts
Cantidad de vacíos	17	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 21 - Cantidad de materiales para 2 vigas.

<i>Cantidades para 2 vigas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	9.18	kg
Cantidad de agregado	38.38	kg
Cantidad de agua	3.31	Lts
Cantidad de vacíos	17	%

Fuente: Elaboración Tesistas

3.2.3. Diseño de mezcla 19 % de vacíos.

Se hizo el diseño de mezcla para el contenido de vacíos del 19 % obteniendo las cantidades de materiales para un 1 m³ de concreto, así como también las cantidades para la elaboración de 6 probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, y las cantidades de materiales para la elaboración de 2 vigas de 15 cm de ancho por 15 cm de alto por 50 cm largo.

Tabla 22 - Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto.

<i>Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.</i>		
Cantidad de Cemento	333.509	kg
Cantidad de agregado	1517.15	kg
Cantidad de agua	120.06	Lts
Cantidad de vacíos	19	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 23 - Cantidad de materiales para 6 probetas.

<i>Cantidades para 6 probetas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	11.74	kg
Cantidad de agregado	53.4	kg
Cantidad de agua	4.22	Lts
Cantidad de vacíos	19	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 24 - Cantidad de materiales para 2 vigas.

<i>Cantidades para 2 vigas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	8.44	kg
Cantidad de agregado	38.38	kg
Cantidad de agua	3.04	Lts
Cantidad de vacíos	19	%

Fuente: Elaboración Tesistas

3.2.4. Diseño de mezcla 23 % de vacíos.

Se hizo el diseño de mezcla para el contenido de vacíos del 19 % obteniendo las cantidades de materiales para un 1 m³ de concreto, así como también las cantidades para la elaboración de 6 probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, y las cantidades de materiales para la elaboración de 2 vigas de 15 cm de ancho por 15 cm de alto por 50 cm largo.

Tabla 25 - Cantidad de materiales para 1 m³ de concreto.

<i>Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.</i>		
Cantidad de Cemento	273.893	kg
Cantidad de agregado	1517.15	kg
Cantidad de agua	98.60	Lts
Cantidad de vacíos	23	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 26 - Cantidad de materiales para 6 probetas.

<i>Cantidades para 6 probetas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	9.64	kg
Cantidad de agregado	53.4	kg
Cantidad de agua	3.5	Lts
Cantidad de vacíos	23	%

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 27 - Cantidad de materiales para 2 vigas.

<i>Cantidades para 2 vigas</i>		
Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %		
Cantidad de Cemento	6.03	kg
Cantidad de agregado	38.38	kg
Cantidad de agua	2.49	Lts
Cantidad de vacíos	23	%

Fuente: Elaboración Tesistas

3.3. Resultados ensayos concreto fresco

Se realizaron los ensayos del concreto fresco, que se preparó para cada porcentaje de vacíos de acuerdo a las especificaciones técnicas explicadas anteriormente en esta investigación, para cada tipo de ensayo. Los resultados que se presentan a continuación pertenecen a los ensayos de slump, contenido de aire y peso unitario del concreto fresco.

Tabla 28 - Resultados concreto fresco.

Porcentaje de Vacíos	Asentamiento o Slump	Densidad Teórica (kg/m ³)	Densidad Obtenida (kg/m ³)	Contenido de aire (%)
15%	0	2393.1	2017.38	15.7
17%	0	2406.618	1963.8	18.4
19%	0	2404.36	1928.3	19.8
23%	0	2429.57	1841.6	24.2

Fuente: Elaboración Tesistas

3.4. Resultados ensayos concreto endurecido

Se realizaron los ensayos para el concreto endurecido de acuerdo a lo establecido en las normas técnicas peruanas para cada tipo de ensayo. Se presenta a continuación los resultados para el ensayo de resistencia la compresión, flexión y permeabilidad del concreto poroso.

3.4.1. Resultado de ensayo resistencia a la compresión

El ensayo se llevó acabo siguiendo lo establecido en la NTP 339.034, a continuación se muestran los resultados para el concreto con 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

Tabla 29 - Resultados resistencia a la compresión con 15% de vacíos.

Probeta	Porcen taje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 15%	15	15	30	28	176.71	41710	236.04	214.259
P2 - 15%	15	15	30	28	176.71	37420	211.760	
P3 - 15%	15	15	30	28	176.71	35640	201.69	
P4 - 15%	15	15	30	28	176.71	34850	197.220	
P5 - 15%	15	15	30	28	176.71	38230	216.340	
P6 - 15%	15	15	30	28	176.71	39320	222.510	

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 30 - Resultados resistencia a la compresión con 17% de vacíos.

Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 17%	17	15	30	28	176.71	26500	149.963	151.567
P2 - 17%	17	15	30	28	176.71	27740	156.980	
P3 - 17%	17	15	30	28	176.71	26780	151.548	
P4 - 17%	17	15	30	28	176.71	28770	162.809	
P5 - 17%	17	15	30	28	176.71	25940	146.794	
P6 - 17%	17	15	30	28	176.71	24970	141.305	

Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 31 - Resultados resistencia a la compresión con 19% de vacíos.

Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 19%	19	15	30	28	176.71	20640	116.802	108.662
P2 - 19%	19	15	30	28	176.71	17840	100.956	
P3 - 19%	19	15	30	28	176.71	18680	105.710	
P4 - 19%	19	15	30	28	176.71	19770	111.878	
P5 - 19%	19	15	30	28	176.71	19350	109.501	
P6 - 19%	19	15	30	28	176.71	18930	107.125	

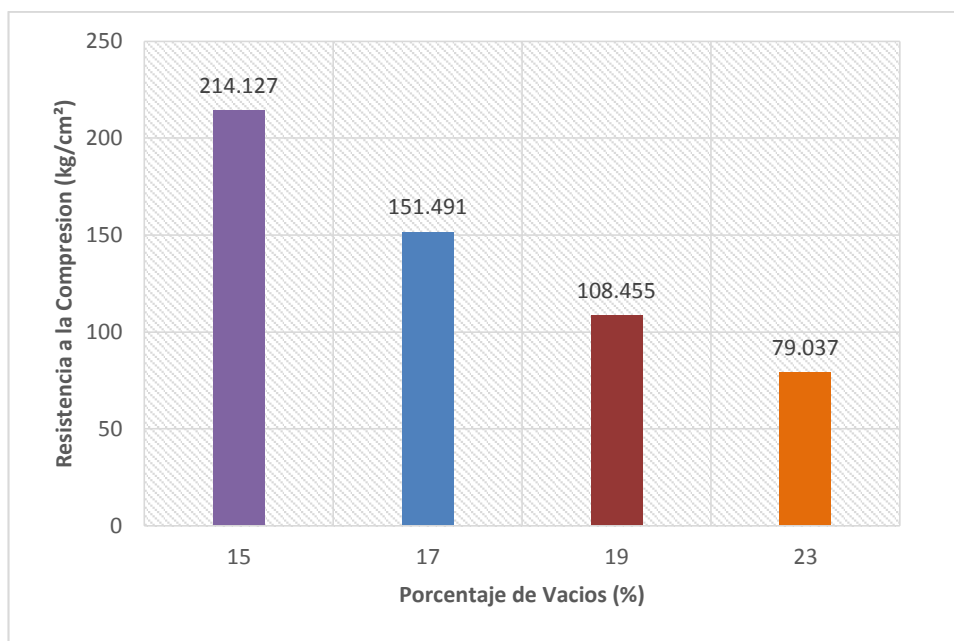
Fuente: Elaboración Tesistas

Tabla 32 - Resultados resistencia a la compresión con 23% de vacíos.

Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 23%	23	15	30	28	176.71	14430	81.659	79.132
P2 - 23%	23	15	30	28	176.71	13440	76.057	
P3 - 23%	23	15	30	28	176.71	12720	71.982	
P4 - 23%	23	15	30	28	176.71	14670	83.017	
P5 - 23%	23	15	30	28	176.71	13800	78.094	
P6 - 23%	23	15	30	28	176.71	14840	83.979	

Fuente: Elaboración Tesistas

Gráfico 10 - Resistencia promedio obtenida para cada diseño de mezcla (kg/cm²).



Fuente: Elaboración Tesistas

3.4.2. Resultado de ensayo resistencia a la flexión

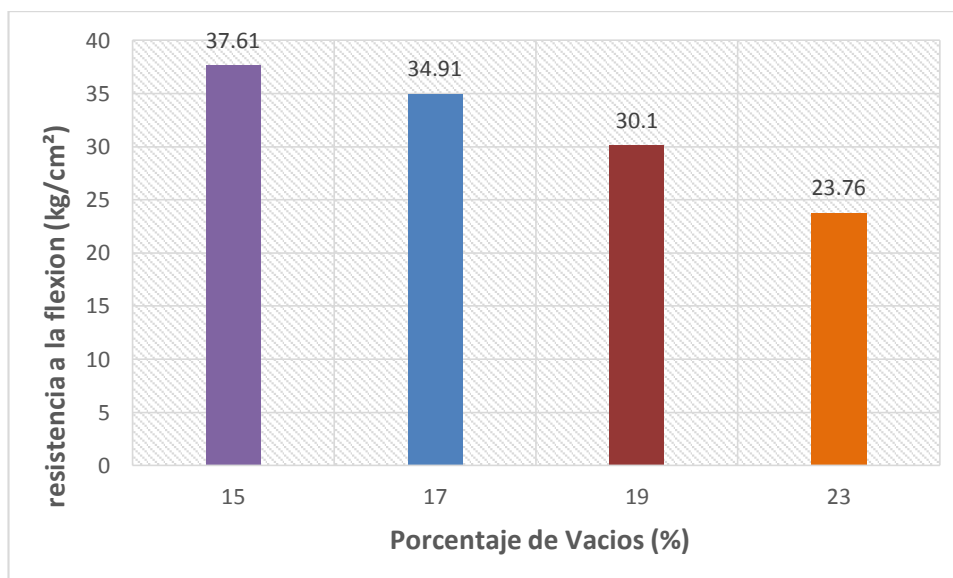
Los siguientes resultados realizados para el ensayo de resistencia a la flexión de vigas se hicieron de acuerdo a la NTP 339.078, a continuación se muestran los resultados para las vigas con diseño de mezcla con 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

Tabla 33 - Resultados resistencia a la flexión de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

Especimen	Porcenta je de vacíos (%)	Dimensiones			Edad de ensayo (Días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión promedio (kg/cm ²)
		Ancho Promedi o (cm)	Alto Promedi o(cm)	Luz entre Soportes (cm)				
V1 - 15%	15	15	14.85	45	28	1818	37.10	37.61
V2 - 15%	15	14.9	15	45	28	1893	38.11	
V1 - 17%	17	14.95	15	45	28	1743	34.98	34.91
V2 - 17%	17	15.1	14.75	45	28	1696	34.85	
V1 - 19%	19	15	14.8	45	28	1543	31.70	30.10
V2 - 19%	19	14.8	15.95	45	28	1590	28.50	
V2 - 23%	23	15	15	45	28	1125	22.50	23.76
V2 - 23%	23	14.85	15	45	28	1238	25.01	

Fuente: Elaboración Tesistas

Gráfico 11 - Resistencia promedio obtenida para cada diseño de mezcla (kg/cm²).



Fuente: Elaboración Tesistas

3.4.3. Resultado de ensayo de permeabilidad

El ensayo de permeabilidad se llevó a cabo mediante el uso de un permeámetro, para determinar el grado de infiltración de agua en el concreto, este ensayo se realizó a los 28 días de curado de los

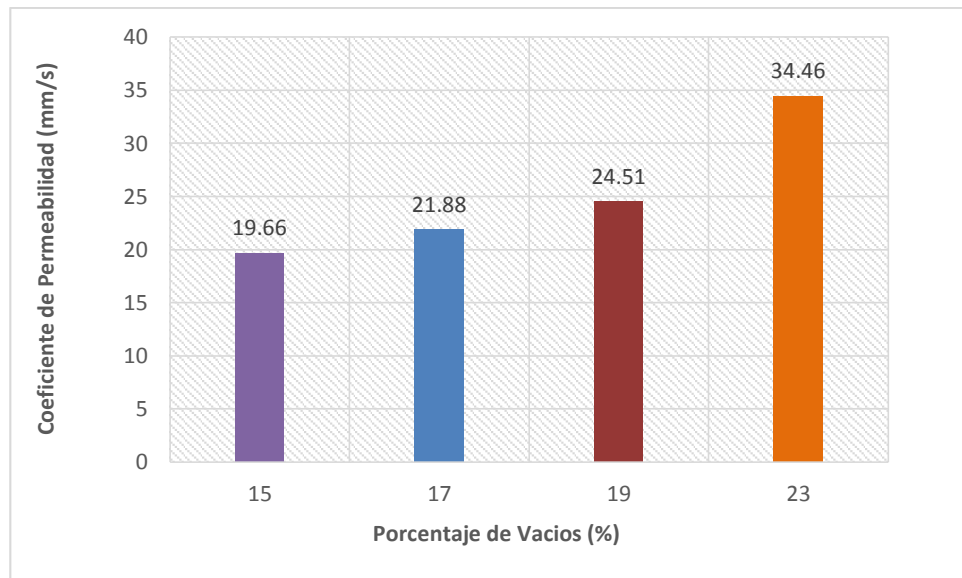
especímenes. Todos los procedimientos que se realizaron fueron de acuerdo lo establecido en el ACI 522R-10. A continuación de muestra una tabla donde se resume los coeficientes de permeabilidad para todos los porcentajes de vacíos.

Tabla 34 - Resultados promedio permeabilidad.

ESPÉCIMEN	EDAD	TIEMPO PROMEDIO	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
	días	t (seg)	k (cm/s)	k (mm/s)
P1 - 15%	28	52	1.966	19.66
P2 - 17%	28	47	2.188	21.88
P3 - 19%	28	42	2.451	24.51
P4 - 23%	28	30	3.446	34.46

Fuente: Elaboración Tesistas

Gráfico 12 - Permeabilidad promedio obtenida en los ensayos (mm/s).



Fuente: Elaboración Tesistas

IV. DISCUSIÓN

Se realizó el análisis respectivo de los resultados obtenidos en la investigación, siendo uno de ellos las características del agregado, así como también se analizó las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido, las propiedades más relevantes analizadas del concreto poroso fueron la resistencia a la compresión, el módulo de rotura y su permeabilidad.

Las propiedades físico- mecánicas del agregado utilizado en esta investigación cumplen con los requisitos establecidos en las normas técnicas peruanas, como se observa en la tabla N° 12 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso, donde se observa que la granulometría del agregado cumple con los requisitos establecidos en la tabla N° 2 de la NTP 400.037. De donde podemos determinar que el tamaño máximo nominal (TMN) es de 1/2" con un valor de huso de 67.

Los ensayos del agregado grueso se realizaron de acuerdo a las NTP como: el contenido de humedad NTP 339.185, el peso específico NTP 400.021, peso unitario suelto - peso unitario compactado NTP 400.017 y la abrasión NTP 400.019. Cuyos resultados nos sirvieron para poder hacer el diseño de mezcla para cada porcentaje de vacíos, como en el caso del peso unitario que nos sirvió para determinar el volumen del agregado o el peso específico para hacer el reajuste del peso del agregado por absorción.

Se desarrolló el diseño para cada porcentaje de vacíos, en donde se puede apreciar que las cantidades de cemento y agua varían de acuerdo a su porcentaje de vacíos, como se puede apreciar en las tablas N° 18, N° 21, N° 24 y N° 27 correspondientes a los porcentajes de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%. Así se puede determinar que cuanto más poroso es el concreto menos es la cantidad de cemento y agua que se

va a utilizar.

En los resultados de los ensayos de concreto fresco se pudo corroborar que estas mezclas presentaban un asentamiento de cero centímetros y se apreció que esta tenía una consistencia seca, típico de los concretos porosos. También se pudo apreciar que el peso unitario del concreto cuyos porcentajes de vacíos son 15%, 17%, 19% y 23%, estaban dentro de rango establecidos para el concreto poroso que es de 1600 kg/m^3 a 2000 kg/m^3 , como se puede apreciar en la tabla N° 30.

Se analizó los resultados del ensayo a la compresión de los especímenes a los 28 días de edad, siendo las resistencias para los porcentajes de 15%, 17%, 19% y 23% los siguientes respectivamente 214.127 kg/cm^2 , 151.491 kg/cm^2 , 108.455 kg/cm^2 , 79.037 kg/cm^2 . De la gráfica N° 09 se puede apreciar el porcentaje de vacíos con mayor resistencia fue el 15% y la de menor resistencia el 23%, también se deducir que a mayor porcentaje de vacíos la resistencia la compresión del concreto poroso disminuye.

Al analizar el resultados de los ensayos a flexión se observó que el 15% de vacíos obtuvo la resistencia mayor y el 23% la resistencia menor, como se puede apreciar en el tabla N°20, en el gráfico N° 10 se aprecia los concretos permeables cumplen con requisitos de resistencia la flexión que establece la ACI 522R-10 que establece que los concretos porosos presentan una resistencia a la flexión que está dentro del rango de 10.197 kg/cm^2 (1Mpa) a 38.749 kg/cm^2 (3.8 Mpa).

En el gráfico N° 11 de permeabilidad del concreto poroso se aprecia que el porcentaje de vacíos con mayor capacidad de permeabilidad es el de 23% obteniendo 34.46 mm/s , además de puede apreciar que cuanto más porcentaje de vacíos mayor será la tasa de permeabilidad de los concretos porosos.

V. CONCLUSIONES

- Se logró corroborar lo señalado en la hipótesis, el uso de diferentes porcentajes de vacíos en el diseño de un concreto poroso nos ayudó a mejorar la tasa de permeabilidad en cada uno de los diseños, superando la tasa de infiltración mínima de 0.2 cm/s establecida en la norma ACI 522R-10 para ser considerado un concreto permeable.
- Se determinó que el mejor método para la elaboración del concreto permeable, era siguiendo las especificaciones técnicas descritas en las normas ACI 522R-10 (Report on Pervious Concrete) y la ACI 211.3R-02 (Guide for Selecting Proportions for No – Slump Concrete), dadas para el diseño de concreto permeable, cabe recalcar que no se encontró otro método normado para la elaboración de este tipo de concretos.
- Se logró obtener las características físico- mecánicas del agregado utilizado en la elaboración del concreto poroso, cabe decir que estos ensayos cumplieron con lo estipulado en las normas técnicas peruanas (NTP), obteniendo los siguientes resultados: Contenido de humedad 0.65 %, absorción 1.23%, Mf de 6.816, Pmesss 2598.97 kg/m³, Pesss 2630.89 kg/m³, Pea 2684.66 kg/m³, PUS 1419.41 kg/m³, PUC 1513.86 kg/m³ Y TMN ½.
- Se realizó el diseño de mezcla para el agregado grueso de ½ para los porcentajes de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%, para lo cual se establecieron los criterios de diseño de acuerdo a ACI 522R-10 y ACI 211.3R-02, se determinó una relación a/c de 0.36, un factor b/b_o de 0.99, un volumen de pasta de 21.5%, 18.5%, 16.7% y 13% respectivamente. Cuyos resultados obtenidos cumplieron satisfactoriamente las propiedades mecánicas e hidráulicas para el concreto permeable.

- Se determinó el slump para las mezclas en estado fresco con porcentajes de vacíos de 15%, 17%, 19% y 23%, obteniéndose un asentamiento de cero centímetros para todas las mezclas, cabe decir que el asentamiento no es un factor determinante ya que se espera que estos concretos no tenga un asentamiento considerable, debido a la consistencia seca que suele presentar en sus mezclas. También se obtuvo el peso volumétrico de las mezclas mencionadas anteriormente siendo de 2017.38 kg/m³, 1963.38 kg/m³, 1928.30 kg/m³ y 1841.6 kg/m³ respectivamente.
- Se determinó la resistencia a la compresión de los concretos porosos obteniéndose los siguientes resultados, para el diseño con 15% de vacíos se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 214.259 kg/cm², para el diseño con 17% se tuvo 151.567 kg/cm², para el diseño con 19% se tuvo 108.662 kg/cm² y para el diseño con 23% se tuvo 79.132 kg/cm². De acuerdo a la ACI 522R-10 la resistencia a la compresión de los concretos permeables está dentro 2.8 Mpa a 28 Mpa; por lo que basándonos en los resultados obtenidos concluimos que todos los concretos elaborados están dentro del rango permitido.
- De acuerdo a los ensayos de resistencia a la flexión realizados a los concretos porosos se obtuvo para el diseño con 15% de vacíos una resistencia a la flexión promedio de 37.61 kg/cm², para el diseño con 17% de vacíos se obtuvo 34.91 kg/cm², para el diseño con 19% de vacíos se obtuvo 30.10 kg/cm² y para el diseño con 23% de vacíos se obtuvo 23.76 kg/cm². Por lo cual los diseños de mezcla elaborados cumplen con los lineamientos establecidos en la ACI 522R-10, cuyo rango se encuentra dentro de 1 Mpa a 3.8Mpa.

-
- Se obtuvieron los resultados de las pruebas de permeabilidad realizadas a los diseños de mezcla elaborados con porcentajes de vacíos del 15%, 17%, 19% y 23%, cuyos resultados fueron de 1.966 cm/s, 2.188 cm/s, 2.451 cm/s y 3.446 cm/s respectivamente. De acuerdo a ACI 522R-10 para que un concreto sea considerado permeable su coeficiente de permeabilidad debe estar por encima del mínimo permitido que es de 0.2 cm/s, por lo que concluimos que los diseños elaborados en esta investigación cumplen con los valores de permeabilidad requeridos.
 - De acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos realizados en esta investigación, concluimos que a medida que el porcentaje de vacíos sea menor, se aumentara la resistencia a la compresión de los concretos porosos, pero al mismo tiempo estos disminuirán la su capacidad de infiltración. Además se pudo concluir que el porcentaje de vacíos influyen en todas las propiedades del concreto poroso.

VI. RECOMENDACIONES

- Recomendamos a las investigaciones venideras sobre los concretos permeables, evaluar la posibilidad de utilizar un porcentaje de agregado fino en su diseño de mezcla con la finalidad de mejorar la resistencia a la compresión del concreto permeable, se recomienda usar un porcentaje que este dentro 10 al 20 % de agregado fino del volumen total de la pasta.
- Se recomienda realizar el llenado de las probetas como de las vigas a la mayor brevedad posible ya que la mezcla tiende a secarse debido a las reacciones exotérmicas del concreto y a la baja cantidad de agua que suele usarse en los concretos permeables.
- Para el diseño de este tipo de concretos se recomienda la utilización la norma ACI 522R-10 y la ACI 211.3R-02 guías recomendadas para el diseño de concretos permeables.
- Se recomienda a las futuras investigaciones la utilización de aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto permeable, así como la utilización de fibra de polipropileno ya que en otras investigaciones se observó que el uso de estas dotaron al concreto permeable de mayor resistencia la compresión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(10 de Setiembre de 2019). Obtenido de SIKA:

https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions_products/publicaciones/articulos-tecnicos/definiciones-sobre-concreto-y-mortero.html

AASHTO. (1993). *Guide for Design of Pavement Structures*. Recuperado el 17 de Junio de 2018

ACI 211 - 3R - 02. (2009).

ACI 522R. (2010). *Report on Previous Concrete*. Farmington Hills.

ACI 522R-06. (4 de abril de 2010). Obtenido de

https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=52210&Format=PROTECTED_PDF&Language=English&Units=US_Units

Aoki, Y. (2009). *Development of Previous Concrete*. Sydney.

Aquino. (26 de Octubre de 2015). Obtenido de

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/630>

Aquino, J. (2017). *Determinación y evaluación de las patologías del asfalto para obtener el índice de integridad estructural del pavimento y condición operacional de la superficie del pavimento flexible del jirón Francisco Bolognesi del distrito de Satipo*. Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote, Ingeniería Civil, Junín. Recuperado el 05 de Mayo de 2018

archdaily. (15 de abril de 2015). *archdaily*. Obtenido de archdaily:

<https://www.archdaily.pe/catalog/pe/products/8901/concreto-sostenible-permeable-para-pisos-exteriores-unicon>

Armijos, C. (2009). *Evaluación superficial de algunas calle de la ciudad de Loja*.

Tesis pregrado , Universidad técnica particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil , Loja - Quito. Recuperado el 16 de Junio de 2018

Banco de Desarrollo de América Latina. (2010). *Mantenimiento Vial*.

Infraestructura transporte. Corporación Andina de Fomento. Recuperado el 06 de Mayo de 2018, de

http://publicaciones.caf.com/media/1133/IS_Mantenimiento_vial.pdf

BANCO DE PROYECTOS. (11 de Noviembre de 2016). Obtenido de

<http://www.municaj.gob.pe/mision.php>

Banco Mundial. (22 de septiembre de 2017). *Banco Mundial*. Obtenido de Banco

Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview>

BANCO MUNDIAL BIRF-AIF. (06 de Abril de 2017). Obtenido de

<http://www.bancomundial.org/es/topic/transport/overview#1>

BARAHONA, R., MARTINEZ, M., & ZELAYA, S. (Febrero de 2013). Obtenido

de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6259/1/50107992.pdf>

Becerra, M. (2012). Análisis Comparativo de las Alternativas de Pavimentación.

4to Congreso Iberoamericano de Pavimentos de Concreto. Guayaquil.

Recuperado el 17 de Junio de 2018

Benites, J. C. (26 de Octubre de 2014). Obtenido de

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/522>

Calderón, Y., & Charca, J. (2011). *INVESTIGACIÓN DE LOS PAVIMENTOS PERMEABLES DE CONCRETO*. Arequipa.

Cantuarias, L. C., & Watanabe, J. r. (2017). *Aplicación del método pci para la evaluación superficial del pavimento flexible de la avenida camino real de la urbanización la rinconada del distrito de trujillo*. TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE, Universida Privada Antenor Orrego, Escuela de Ingeniería Civil, Trujillo. Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/3589>

Cerdán, L. (01 de Junio de 2015). Obtenido de

<http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/11017>

Coy, O. (2017). *Especialistas en Vías*, Universidad Militar Nueva Granada, Ingeniería Civil, Bogota-Colombia. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/16508/1/CoyPinedaOscarMauricio2017.pdf.pdf>

Cruz-Palafoz, C., Segovia- Lopez, A., Gonzales Sandoval, M., Lizarraga Mendiola, L., Olguin Coca, J., & Rangel Martinez, Y. (2014). *Diseño de un concreto permeable para la recuperacion de agua*. Mexico DF.

Díaz, N. Y. (10 de octubre de 2017). Obtenido de

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1024/INFORME%20>

TESIS%20YOVANA%20DIAZ%20SILVA%20.pdf?sequence=1&isAllo
wed=y

Diaz, Y. (2017). Diseño de mezcla de concreto permeable elaborado con aditivo y adición de fibra de polipropileno para uso en pavimentos, en la ciudad de Cajamarca. Cajamarca.

EMB Construcción . (Diciembre de 2014). Obtenido de

[http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3119&srch=pavimento
s%20en%20chile&act=4&tip=3](http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=3119&srch=pavimento%20en%20chile&act=4&tip=3)

Fernández, R. J., & Navas, A. (22 de noviembre de 2010). *Revistas UCR*.

Obtenido de Revistas UCR:

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/download/1982/1949>

FICHA DE REGISTRO - BANCO DE PROYECTOS . (14 de Noviembre de 2017).

Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de

http://www.proinversion.gob.pe/snip/consulta_snip.asp?codigo=212700

Flores, C. E., & Pacompia, I. (2015). *DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO*

PERMEABLE CON ADICIÓN DE TIRAS DE PLÁSTICO PARA

PAVIMENTOS f'c 175 kg/cm² EN LA CIUDAD DE PUNO. Puno.

Gámez, Jhony, Guzmán, Carlos, & Renderos, Francisco. (1 de Marzo de 2016).

Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9567/>

Giordani , C., & Leone, D. (01 de Agosto de 2018). *Universidad Tecnologica*

Nacional. Obtenido de

https://www.fro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_ano/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf

González, J. (1 de Setiembre de 2017). Obtenido de

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/8594/>

Huamán, N. (2011). *LA DEFORMACIÓN PERMANENTE EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS Y EL CONSECUENTE DETERIORO DE LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN EL PERÚ*. Tesis postgrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, Ingeniería civil, Lima. Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf

Humpiri, K. (2015). *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno*. Tesis Maestría, Universidad Andina Néstor Cáseres Velásquez, Puno, Juliaca. Recuperado el 09 de Junio de 2018

Leguía, P., & Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement condition index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho - Huaura - Lima)*. Tesis pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Ingeniería Civil, Lima. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/2311?mode=full&submit_simple=Mostrar+el+registro+Dublin+Core+completo+del+%C3%ADtem

Leguía, P., & Pacheco, H. (2016). *Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau*. Tesis de pregrado, Universidad de San Martín de Porres, Ingeniería Civil, Lima.

Llosa, J. (2018). *Propuesta alternativa para la distribución racional del presupuesto anual municipal para el mantenimiento y rehabilitación de pavimentos (aplicación: Municipio de La Molina)*. Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Departamento de ingeniería civil, Lima. Recuperado el 09 de Junio de 2018

Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. (2006). Bogota, Colombia. Recuperado el 17 de Junio de 2018

Marcatoma, S., & Cusquisiban, E. (2017). *Planteamiento de estrategias de rehabilitación del pavimento flexible aplicando la metodología vizir, para la optimización de recursos en la avenida 225*. Uniersidad San Martín de Porres, Ingeniería civil, Lima. Recuperado el 05 de Mayo de 2018

Medina, A., & De la Cruz, M. (2015). *Evaluación superficial del pavimento flexible del jiron José Gálvez del Distrito de Lince aplicando el método del PCI*. Tesis pregrado , Universidad, Ingeniería civil, Lima. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf;jsessionid=4DBCDA35A0CBC5D169D490101F0CEC8?sequence=1

-
- Menéndez, J. (2003). *Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas - Manual técnico* (Primera ed.). Lima, Lima, Perú: Oficina Subregional de los Países Andinos. Recuperado el 17 de Junio de 2018
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos - Evaluación estructural de obras de mejoramiento y nuevas tecnologías* (Vol. II). Bogotá, Colombia: Universidad católica de Colombia. Recuperado el 17 de Junio de 2018
- Montejo, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos - Evaluación estructural, obras de mejoramientos y nuevos tecnologías* (Vol. II). Bogotá, Colombia: Universidad católica de Colombia. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- Moujir, Y., & Castañeda, L. (14 de Octubre de 2014). Obtenido de http://vitela.javerianacali.edu.co/bitstream/handle/11522/3082/Dise%F1o_aplicacion_concreto.pdf?sequence=1
- MTC. (2013). *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Lima, Perú. Recuperado el 16 de Junio de 2018
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú. Recuperado el 07 de Julio de 2018, de construmatica: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/cuentas/harenas/docs/INVESTIGATIVA%20II%20GEOTECNOLOGIA/MEMORIAS%20DE%20CLASE%20Y%20LECCIONES/Material%20de%20Ensayo%20de%20MaterialesPERU%202016.pdf>
- Muñoz, S. G. (2017). 12 Construcción de pavimento rígido en vías urbanas de bajo tránsito. *Proyectos TIPO*, 8.
- NTP 400.037. (2014). *NTP*.
-

-
- Ortega, K., & Villafuerte, L. (2015). *Evaluación estructural de pavimentos flexibles para suelos de tipo limo arenoso*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Ingeniería Civil, Quito. Recuperado el 16 de 06 de 2018
- Padilla, A. (2007). *Deformaciones plásticas en capas de rodadura en pavimentos asfálticos*. Tesis pregrado, Universidad Politécnica del Centro, Ingeniería civil, México. Recuperado el 17 de Junio de 2018
- Pérez, J. (2017). Trujillo.
- Rabanal, J. (2014). *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniería civil, Universidad Privada del Norte, Ingeniería Civil, Cajamarca. Recuperado el 05 de Mayo de 2018
- RNC. (2006).
- Rondón, H., & Reyes, F. (02 de Diciembre de 2007). *Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: tendencias, alcances y limitaciones* (Vol. 17). Bogotá, Colombia. Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91117204>
- RUIZ. (Abril de 2011). *Repositorio ESPE*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3033/1/T-ESPE-030924.pdf>

Sika. (15 de Agosto de 2017). *Sika*. Obtenido de Sika:

https://per.sika.com/content/peru/main/es/solutions_products/publicaciones/articulos-tecnicos/articulo-tecnologia-del-concreto.html

Solano, C. (1 de Julio de 2009). Obtenido de

<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6253/analisisdelaflexotracciondelconcretopermeable.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres, G. (14 de Setiembre de 2012). *Repositorio Universidad de Costa Rica*.

Obtenido de

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/4295/1/34247.pdf>

Transportation Information Center. (2002). *Manual PASER*. Madison: University of Winsconsin - Madison.

UNI. (25 de Julio de 2012). *Ingenieria Civil*. Obtenido de

<https://app.box.com/s/fj44z1jp7q>

Vasquez, C. J. (2016). *Factores de equivalencia de daño en pavimentos flexibles:*

análisis para condiciones típicas de Argentina. Tesis presentada para el grado de Magister Estructurada en Ingeniería Vial, Universidad Nacional de La Plata (U.N.L.P), Departamento de Construcciones, Facultad de

Ingeniería, Argentina. Recuperado el 05 de Mayo de 2018, de

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52700/Documento_completo.pdf?sequence=3



Vásquez, L. (2002). *Manual PCI*. Tesis posgrado, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Vélez, L. (25 de Diciembre de 2010). *redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234320010>

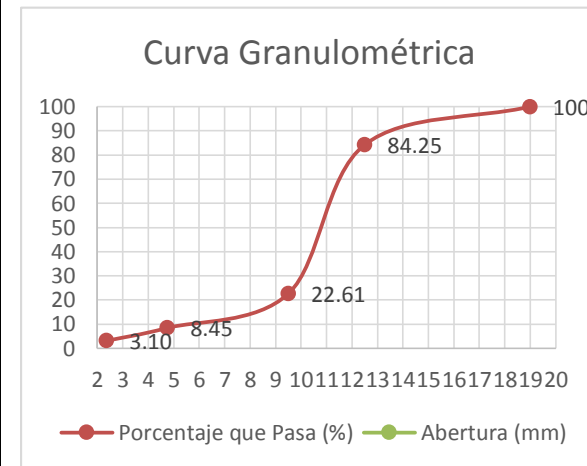
wordreference. (2005). *wordreference*. Obtenido de wordreference: <http://www.wordreference.com/definicion/permeabilidad>



ANEXOS:

Anexo 1 – Análisis Granulométrico

		ANALISIS GRANULOMETRICO			
NTP 400.012 2001/ ASTM C136-96a AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.					
Especialidad: Ingeniería Civil					
Nombre de la investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.			
Investigadores:		Layza Vásquez Leishman Jacob Rios Miñano Charles Jorge			
Información general					
Tipo de material: Agregado Grueso					
Cantera: Roca Fuerte					
Tamiz o malla		Peso Retenido (gr)	Porcentaje Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
Abertura (mm)	Nº				
19	3/4"	0	0	0	100
12.5	1/2"	377.03	18.85	15.75	84.25
9.5	3/8"	1232.78	61.64	77.39	22.61
4.75	4	283.29	14.16	91.55	8.45
2.36	8	106.89	5.34	96.90	3.10
Cazoleta		0	0	100	0.00
Total		2000	100		




$$MF = \frac{\text{Ret. Acumulado} (\%) = \frac{(1/2'' + 3/8'' + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + 100 + 100 + 100 + 100)}{100}}{6.81591}$$


Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 2 – Ensayo de contenido de humedad


 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		CONTENIDO DE HUMEDAD			
NTP 339,185 2002/ ASTM C566: 1007 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado.					
Especialidad : Ingeniería Civil					
Nombre de la investigación :		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.			
Investigadores:		Layza Vásquez Leishman Jacob Rios Miñano Charles Jorge			
Condiciones de Secado :		110 °C ± 5 °C		Método: Horno	
Información General					
Tipo de Material: Agregado Grueso					
Cantera : Roca Fuerte					
Contenido de humedad de muestra					
MUESTRA N°		1	2	3	4
RECIPIENTE N°		M1	M2	M3	M4
Pr + Ph (gr)	A	1365.8	1344.1	1266.8	1544.7
Pr + Ps (gr)	B	1357.7	1335.7	1258.7	1535.6
Pr (gr)	C	83.5	78.4	73.1	90.2
Ph (gr)	W = A- C	1282.3	1265.7	1193.7	1454.5
Ps (gr)	D=B-C	1274.2	1257.3	1185.6	1445.4
Humedad (%)	((W - D)/D)*100	0.64	0.67	0.68	0.63
PROMEDIO		0.65	Fuente: Elaboración Tesistas		

*Anexo 3 – Ensayo de peso específico del agregado grueso*

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO	
NTP 400.021 2002/ ASTM C 127: 1988 Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.			
Especialidad:		Ingeniería Civil	
Nombre de la investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.	
Investigador:		Layza Vásquez Leishman Jacob Rios Miñano Charles Jorge	
Información general			
Tipo de material:		Agregado Grueso	
Cantera:		Roca Fuerte	
Peso específico de agregado grueso			
Agregado Saturado Superficialmente Seco + tara (gr)			3158.7
Agregado Seco + tara (gr)			3093.3
Peso tara (gr)			158.7
Agregado Saturado Superficialmente Seco (gr)	B		3000
Agregado Seco (gr)	A		2963.6
Agregado + canastilla sumergida (gr)			3408.3
Peso canastilla sumergida (gr)			1548.6
Agregado Saturado sumergido (gr)	C		1859.7
Temperatura del agua			
Peso específico aparente (Pea)		$(A/(A-C))*1000$	2684.66
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)		$(B/(B-C))*1000$	2630.89
Peso específico de masa (Pem)		$(A/B-C)*1000$	2598.97
Absorción (%)		$((B-A)/A)*100$	1.23


Fuente: Elaboración Tesistas

Anexo 4 – Peso Volumétrico suelto del agregado grueso PUS

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		PESO UNITARIO VOLUMETRICO SUELTO DEL AGREGADO PUS			
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 19991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.					
Especialidad: Ingeniería Civil					
Nombre de la investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020. Layza Vásquez Leishman			
Investigadores:		Jacob Rios Miñano Charles Jorge			
Información general					
Tipo de material: Grueso		Agregado			
Cantera: Roca Fuerte					
Peso unitario suelto (PUS)					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida más el agregado (Kg)	G	17.239	17.243	17.242	17.240
Peso del recipiente de medida (Kg)	T	4.220	4.220	4.220	4.220
Peso de recipiente de medida más agua (Kg)	A	13.380	13.380	13.380	13.380
Temperatura (°C)		18	18	18	18
Densidad del Agua (kg/m ³)	D	998.68	998.68	998.68	998.68
Factor de la medida (m ³)(F)	D/(A-T)	109.026	109.026	109.026	109.026
Peso unitario suelto (kg/m ³)	(G-T)*F	1419.37	1419.88	1419.72	1419.47
PROMEDIO		1419.61			


Fuente: Elaboración Tesistas

*Anexo 5 – Peso Volumétrico Compactado del agregado grueso PUC*

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		PESO UNITARIO VOLUMETRICO COMPACTADO DEL AGREGADO PUC			
NTP 400.017: 1999/ ASTM C29/C 29M: 19991 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.					
Especialidad: Ingeniería Civil					
Nombre de la investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.			
Investigadores:		Layza Vásquez Leishman Jacob Rios Miñano Charles Jorge			
Información general					
Tipo de material: Agregado Grueso					
Cantera: Roca Fuerte					
Peso unitario compactado (PUC)					
Muestra		1	2	3	4
Peso del recipiente de medida más el agregado (kg)	G	18.112	18.099	18.111	18.100
Peso del recipiente de medida (kg)	T	4.220	4.220	4.220	4.220
Peso de recipiente de medida más agua (kg)	A	13.380	13.380	13.380	13.380
Temperatura (°C)		18	18	18	18
Densidad del Agua (kg/m ³)	D	998.68	998.68	998.68	998.68
Factor de la medida (m ³)(F)	D/(A-T)	109.026	109.026	109.026	109.026
Peso unitario compactado (kg/m ³)	(G-T)*F	1514.61	1513.12	1514.46	1513.26
PROMEDIO		1513.86			

Fuente: Elaboración Tesistas

**Anexo 6 – Diseño de mezcla para concreto permeable con 15% de vacíos**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE - ACI 211.3R	
Diseño de mezcla para concreto permeable con 15 % de vacíos		Página 1 - 7	
<u>Datos generales del agregado</u>			
módulo de finura	6.816		
contenido de humedad	0.65	%	
peso específico de masa (Pemss)	2598.97	kg/m ³	
peso específico saturado con superficie seca (PeSSS)	2630.89	kg/m ³	
Peso específico aparente (Pea)	2684.66	kg/m ³	
Absorción	1.23	%	
peso unitario suelto (PUS)	1419.61	kg/m ³	
Peso unitario compactado (PUC)	1513.86	kg/m ³	
Tamaño máximo nominal (TMN)	1/2"		
<u>Características Cemento</u>			
Cemento: Pacasmayo: tipo I			
Densidad aparente del cemento = 3150 kg/m ³			
<u>Características Agua</u>			
Peso Específico = 1000 kg/m ³			
<u>Peso del agregado grueso de acuerdo al ACI 211.3R</u>			
Valores Efectivos			
Porcentajes del agregado fino (%)	b/b _o		
	N° 8 (3/8")	N° 67 (3/4")	
0	0.99	0.99	
10	0.93	0.93	
20	0.85	0.86	
Fuente: (ACI 211 - 3R, 2009)			
Se utilizó el valor b/b _o = 0.99: de acuerdo a la tabla anterior debido a que el TMN del agregado grueso es 1/2" y tiene un porcentaje de agregado fino de 0 %. Debido a que se encuentra dentro del rango de 3/8" y 3/4".			



Obtención del peso del agregado según la tabla de valores efectivos del ACI 211.3R

Página 2 - 7

Pag = Peso unitario del agregado x factor b/b_o

$$\begin{aligned} \text{Pag} &= 1513.86 \quad \times \quad 0.99 \quad \times \quad 1 \text{ m}^3 \\ \text{Pag} &= 1498.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ajuste del peso del agregado según su peso saturado superficialmente seco

$$\begin{aligned} \text{Psss} &= \text{Pag} \quad \times \quad (1 + \text{húmeda}/100) \\ \text{Psss} &= 1498.72 \quad \times \quad 1.0123 \\ \text{Psss} &= 1517.15 \end{aligned}$$

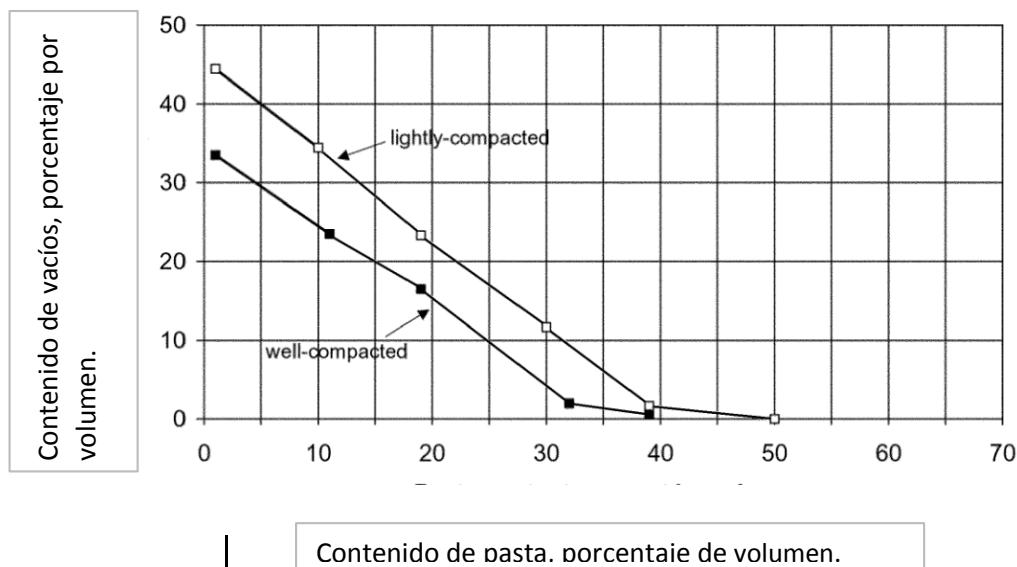
Volumen del agregado grueso

$$\begin{aligned} \text{Vag} &= \text{Psss} / \text{Pmesss} \\ \text{Vag} &= 0.584 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Obtención del volumen de la pasta

El volumen de la pasta se obtendrá de acuerdo a la figura en el ACI 211.3R

Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado.





Para el 15% de vacíos se tendrá un volumen de la pasta de 21.5 %

Página 3 - 5

Entonces:

$$V_p = V_c + V_a$$

VP = volumen de la pasta

Vc = volumen del cemento

Va = volumen del agua

Luego:

$$V_p = \left(\frac{c}{D_{acem}}\right) + \left(\frac{a}{c} \times \frac{c}{1000}\right)$$

C = Peso del Cemento.

Dac= densidad aparente del cemento

a/c = relación agua cemento

La relación a/c en concretos permeables varia 0.26 a 0.45.

Para nuestra investigación este valor será el promedio de este rango.

$$a/c = 0.36$$

Reemplazando los valores en la ecuación

$$V_p = \left(\frac{c}{3150}\right) + 0.36(c)/1000$$

$$0.215 = \left(\frac{c}{3150}\right) + 0.36(c)/1000$$

$$C = 317.362$$

obtención del contenido del agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 317.362 \times 0.36$$

$$W = 114.25 \text{ Lts}$$

Determinación de volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³

Volumen el Agregado

$$V_{ag} = P_{sss} / P_e$$

Donde:

Vag = Volumen del agregado grueso

Psss = Peso del agregado ajustado por absorción

Pe = Peso específico del agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

**Volumen del Cemento**

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 317.36 / 3150$$

$$V_c = 0.101 \quad m^3$$

Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 114.25 / 1000$$

$$V_a = 0.114 \quad m^3$$

Volumen del solidovolumen del solido = V_{ag} + V_c + V_a

$$\text{volumen del solido} = 0.799 \quad m^3$$

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = ((V_{to} - V_s) / V_{to}) \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³volumen solido (V_s) = 0.799 m³

$$V_{\text{vacios}} = 20.1 \%$$

Observación: Debido a que el volumen de vacíos obtenido no cumple (o no coincide) con el volumen de vacíos requerido, se aplicó lo indicado en la norma que dice que podemos usar más de 30 kg de cemento sin afectar la reacción a/c.

**Reajuste del peso con el nuevo contenido de cemento**

Aumento de cemento: 75 kg

$$C = 317.362 + 75$$

$$C = 392.362 \text{ Kg}$$

Reajuste del contenido de agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 392.362 \times 0.36$$

$$W = 141.25 \text{ Lts}$$

Nuevos volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³**Volumen el Agregado**

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Cemento

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 392.362 / 3150$$

$$V_c = 0.125 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 141.25 / 1000$$

$$V_a = 0.141 \text{ m}^3$$

**Nuevo Volumen del solido**

volumen del solido = $V_{ag} + V_c + V_a$

volumen del solido = 0.850 m³

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{vacios} = \frac{(V_{to} - V_s)}{V_{to}} \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³

volumen solido (V_s) = 0.850 m³

$V_{vacios} = 15 \%$

Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.

Cant. Cemento = 392.362 kg

Cant. de agregado = 1517.15 kg

Cant. de agua = 141.25 Lts

Cant. de vacíos = 15 %

Obtención de cantidades en una mezcla para una tanda de 6 probetas

Dimensiones de las probetas de acuerdo a la ASTM C- 192.

Diámetro = 0.15 m

Altura = 0.30 m

Volumen = 0.0053 m³

El volumen para 6 probetas será:

Volumen = 0.032



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO

**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI
211.3R**

Cantidades para 6 probetas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 13.81 kg

Cant. de agregado = 53.4 kg

Cant. de agua = 5 Lts

Cant. de vacíos = 15 %

Obtención de cantidades para vigas

Ancho = 0.15 m

Alto = 0.15 m

Largo = 0.50 m

volumen = 0.1125 m³

El volumen para 2 vigas será:

volumen = 0.023 m³

Cantidades para 2 vigas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 9.93 kg


Cant. de agregado = 38.38 kg

Cant. de agua = 3.57 Lts

Cant. de vacíos = 15 %

Fuente: Elaboración Tesistas

Anexo 7 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 17% de vacíos

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE - ACI 211.3R	
Diseño de mezcla para concreto permeable con 17 % de vacíos			
<u>Datos generales del agregado</u>			
módulo de finura	6.816		
contenido de humedad	0.65	%	
peso específico de masa (Pemss)	2598.97	kg/m ³	
peso específico saturado con superficie seca (PeSSS)	2630.89	kg/m ³	
Peso específico aparente (Pea)	2684.66	kg/m ³	
Absorción	1.23	%	
peso unitario suelto (PUS)	1419.61	kg/m ³	
Peso unitario compactado (PUC)	1513.86	kg/m ³	
Tamaño máximo nominal (TMN)	1/2"		
<u>Características Cemento</u>			
Cemento: Pacasmayo: tipo I			
Densidad aparente del cemento = 3150 kg/m ³			
<u>Características Agua</u>			
Peso Especifico = 1000 kg/m ³			
<u>Peso del agregado grueso de acuerdo al ACI 211.3R</u>			
Valores Efectivos			
Porcentajes del agregado fino (%)	b/b _o		
	N° 8 (3/8")	N° 67 (3/4")	
0	0.99		0.99
10	0.93		0.93
20	0.85		0.86
Fuente: ACI 211. 3R, 1998.			
Se utilizó el valor b/b _o = 0.99: de acuerdo a la tabla anterior debido a que el TMN del agregado grueso es 1/2" y tiene un porcentaje de agregado fino de 0 %. Debido a que se encuentra dentro del rango de 3/8" y 3/4".			



UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PERMEABLE - ACI 211.3R

Obtención del peso del agregado según la tabla de valores efectivos del ACI 211.3R

Pag = Peso unitario del agregado x factor b/b_o

$$\begin{aligned} \text{Pag} &= 1513.86 \quad \times \quad 0.99 \quad \times \quad 1 \text{ m}^3 \\ \text{Pag} &= 1498.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ajuste del peso del agregado según su peso saturado superficialmente seco

$$\begin{aligned} \text{Psss} &= \text{Pag} \times (1 + \text{húmeda}/100) \\ \text{Psss} &= 1498.72 \times 1.0123 \\ \text{Psss} &= 1517.15 \end{aligned}$$

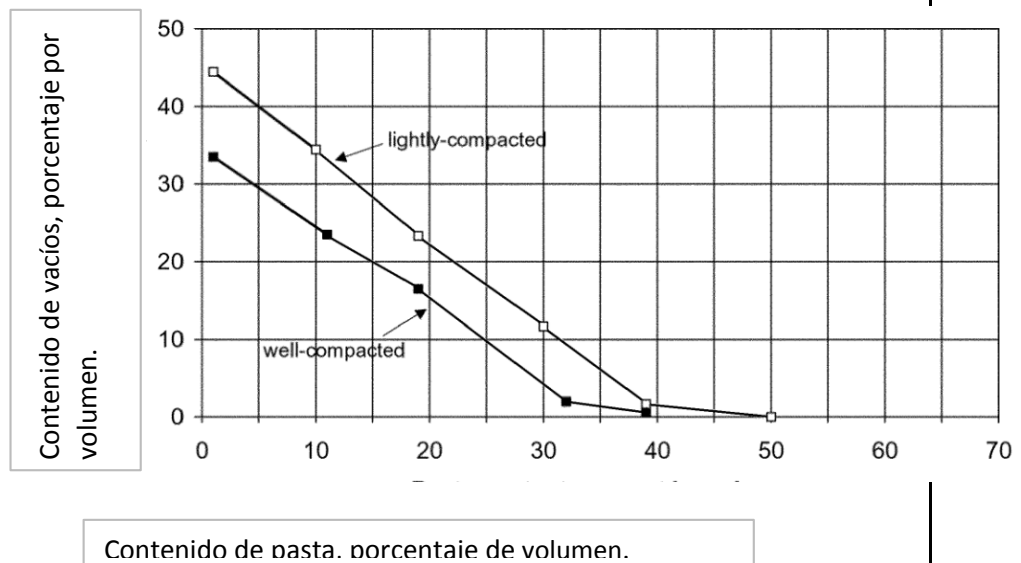
Volumen del agregado grueso

$$\begin{aligned} \text{Vag} &= \text{Psss} / \text{Pmesss} \\ \text{Vag} &= 0.584 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Obtención del volumen de la pasta

El volumen de la pasta se obtendrá de acuerdo a la figura en el ACI 211.3R

Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI
211.3R**

Para el 17 % de vacíos se tendrá un volumen de la pasta de 18.5 %

Entonces:

$$V_p = V_c + V_a$$

V_p = volumen de la pasta

V_c = volumen del cemento

V_a = volumen del agua

Luego:

$$V_p = ((c/D_{acem}) + ((a/c) \times c/1000))$$

C = Peso del Cemento.

D_{ac} = densidad aparente del cemento

a/c = relación agua cemento

La relación a/c en concretos permeables varia 0.26 a 0.45.

Para nuestra investigación este valor será el promedio de este rango.

$$a/c = 0.36$$

Reemplazando los valores en la ecuación

$$V_p = ((c/3150) + 0.36(c)/1000)$$

$$0.185 = ((c/3150) + 0.36(c)/1000)$$

$$C = 273.078$$

obtención del contenido del agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 273.078 \quad \times \quad 0.36$$

$$W = 98.31 \text{ Lts}$$

Determinación de volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³**Volumen el Agregado**

$$V_{ag} = P_{sss} / P_e$$

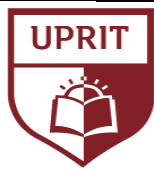
Donde:

V_{ag} = Volumen del agregado grueso

P_{sss} = Peso del agregado ajustado por absorción

P_e = Peso específico del agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI
211.3R****Volumen del Cemento**

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 273.078 / 3150$$

$$V_c = 0.087 \quad m^3$$

Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 98.31 / 1000$$

$$V_a = 0.098 \quad m^3$$

Volumen del solidovolumen del solido = V_{ag} + V_c + V_a

$$\text{volumen del solido} = 0.769 \quad m^3$$

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = ((V_{\text{to}} - V_{\text{s}}) / V_{\text{to}}) \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³volumen solido (V_s) = 0.793 m³

$$V_{\text{vacios}} = 23.1 \%$$

Observación: Debido a que el volumen de vacíos obtenido no cumple (o no coincide) con el volumen de vacíos requerido, se aplicó lo indicado en la norma que dice que podemos usar más de 30 kg de cemento sin afectar la reacción a/c.



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO

**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI
211.3R**

Reajuste del peso con el nuevo contenido de cemento

Aumento de cemento: 90 kg

$$C = 273.078 + 90$$

$$C = 363.078 \text{ Kg}$$

Reajuste del contenido de agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 363.078 \times 0.36$$

$$W = 130.71 \text{ Lts}$$

Nuevos volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³

Volumen el Agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Cemento

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 363.078 / 3150$$

$$V_c = 0.115 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 130.71 / 1000$$

$$V_a = 0.131 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del solido

$$\text{volumen del solido} = V_{ag} + V_c + V_a$$

$$\text{volumen del solido} = 0.830 \text{ m}^3$$

UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI 211.3R****Comprobación del Porcentaje de Vacíos**

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = \frac{((V_{\text{to}} - V_{\text{s}})/V_{\text{to}}) \times 100}{100}$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³

volumen solido (V_{s}) = 0.830 m³

$$V_{\text{vacios}} = 17 \%$$

Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.

Cant. Cemento = 363.078 kg

Cant. de agregado = 1517.15 kg

Cant. de agua = 130.71 Lts

Cant. de vacíos = 17 %

Obtención de cantidades en una mezcla para una tanda de 6 probetas

Dimensiones de las probetas de acuerdo a la ASTM C- 192.

Diámetro = 0.15m

Altura = 0.30 m

Volumen = 0.0053 m³

El volumen para 6 probetas será:

Volumen = 0.032

Cantidades para 6 probetas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 12.8 kg

Cant. de agregado = 53.4 kg

Cant. de agua = 4.6 Lts

Cant. de vacíos = 17 %



UNIVERSIDAD
PRIVADA DE TRUJILLO

**DISEÑO DE MEZCLA PARA
CONCRETO PERMEABLE - ACI
211.3R**

Obtención de cantidades para vigas

Ancho = 0.15 m
Alto = 0.15 m
Largo = 0.50 m
volumen = 0.1125 m³

El volumen para 2 vigas
será:
volumen = 0.023 m³


Cantidades para 2 vigas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 9.18 kg
Cant. de agregado = 38.38
kg
Cant. de agua = 3.31 Lts
Cant. de vacíos = 17 %

Fuente: Elaboración Tesis

Anexo 8 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 19% de vacíos

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRECO PERMEABLE - ACI 211.3R	
Diseño de mezcla para concreto permeable con 19 % de vacíos			
<u>Datos generales del agregado</u>			
módulo de finura	6.816		
contenido de humedad	0.65	%	
peso específico de masa (Pems)	2598.97	kg/m ³	
peso específico saturado con superficie seca (PeSSS)	2630.89	kg/m ³	
Peso específico aparente (Pea)	2684.66	kg/m ³	
Absorción	1.23	%	
peso unitario suelto (PUS)	1419.61	kg/m ³	
Peso unitario compactado (PUC)	1513.86	kg/m ³	
Tamaño máximo nominal (TMN)	1/2"		
<u>Características Cemento</u>			
Cemento: Pacasmayo: tipo I			
Densidad aparente del cemento = 3150 kg/m ³			
<u>Características Agua</u>			
Peso Específico = 1000 kg/m ³			
<u>Peso del agregado grueso de acuerdo al ACI 211.3R</u>			
Valores Efectivos			
Porcentajes del agregado fino (%)	b/b _o		
	Nº 8 (3/8")	Nº 67 (3/4")	
0	0.99		0.99
10	0.93		0.93
20	0.85		0.86
Fuente: ACI 211. 3R, 1998.			
Se utilizó el valor b/b _o = 0.99: de acuerdo a la tabla anterior debido a que el TMN del agregado grueso es 1/2" y tiene un porcentaje de agregado fino de 0 %. Debido a que se encuentra dentro del rango de 3/8" y 3/4".			



Obtención del peso del agregado según la tabla de valores efectivos del ACI 211.3R

Pag = Peso unitario del agregado x factor b/b_o

$$\begin{aligned} \text{Pag} &= 1513.86 \quad \times \quad 0.99 \quad \times \quad \frac{1}{\text{m}^3} \\ \text{Pag} &= 1498.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ajuste del peso del agregado según su peso saturado superficialmente seco

$$\begin{aligned} \text{Psss} &= \text{Pag} \times (1 + \text{húmeda}/100) \\ \text{Psss} &= 1498.72 \times 1.0123 \\ \text{Psss} &= 1517.15 \end{aligned}$$

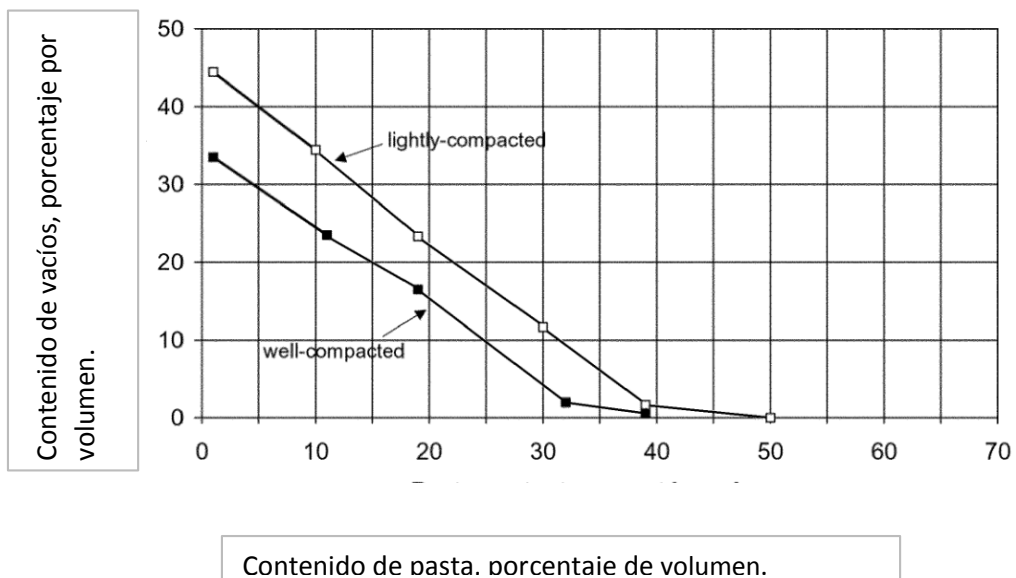
Volumen del agregado grueso

$$\begin{aligned} \text{Vag} &= \text{Psss} / \text{Pmesss} \\ \text{Vag} &= 0.584 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Obtención del volumen de la pasta

El volumen de la pasta se obtendrá de acuerdo a la figura en el ACI 211.3R

Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado.





Para el 19 % de vacíos se tendrá un volumen de la pasta de 16.7 %

Entonces:

$$V_p = V_c + V_a$$

V_p = volumen de la pasta

V_c = volumen del cemento

V_a = volumen del agua

Luego:

$$V_p = ((c/D_{acem}) + ((a/c) \times c/1000))$$

C = Peso del Cemento.

D_{ac} = densidad aparente del cemento

a/c = relación agua cemento

La relación a/c en concretos permeables varia 0.26 a 0.45.

Para nuestra investigación este valor será el promedio de este rango.

$$a/c = 0.36$$

Reemplazando los valores en la ecuación

$$\begin{aligned} V_p &= ((c/3150) + 0.36(c)/1000) \\ 0.167 &= ((c/3150) + 0.36(c)/1000) \\ C &= 246.509 \end{aligned}$$

obtención del contenido del agua

$$\begin{aligned} W &= c \times a/c \\ W &= 246.509 \times 0.36 \\ W &= 88.74 \text{ Lts} \end{aligned}$$

Determinación de volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³

Volumen el Agregado

$$V_{ag} = P_{sss} / P_e$$

Donde:

V_{ag} = Volumen del agregado grueso

P_{sss} = Peso del agregado ajustado por absorción

P_e = Peso específico del agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

**Volumen del Cemento**

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 246.509 / 3150$$

$$V_c = 0.078 \quad m^3$$

Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 88.74 / 1000$$

$$V_a = 0.089 \quad m^3$$

Volumen del solidovolumen del solido = V_{ag} + V_c + V_a

$$\text{volumen del solido} = 0.751 \quad m^3$$

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = ((V_{\text{to}} - V_{\text{s}}) / V_{\text{to}}) \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³volumen solido (V_s) = 0.751 m³

$$V_{\text{vacios}} = 24.9 \%$$

Observación: Debido a que el volumen de vacíos obtenido no cumple (o no coincide) con el volumen de vacíos requerido, se aplicó lo indicado en la norma que dice que podemos usar más de 30 kg de cemento sin afectar la reacción a/c.

**Reajuste del peso con el nuevo contenido de cemento**

Aumento de cemento: 87 kg

$$C = 246.509 + 87$$

$$C = 333.509 \text{ Kg}$$

Reajuste del contenido de agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 333.509 \times 0.36$$

$$W = 120.06 \text{ Lts}$$

Nuevos volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³**Volumen el Agregado**

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Cemento

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 333.509 / 3150$$

$$V_c = 0.106 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 120.06 / 1000$$

$$V_a = 0.120 \text{ m}^3$$

**Nuevo Volumen del solido**

volumen del solido = $V_{ag} + V_c + V_a$

$$\text{volumen del solido} = 0.810 \text{ m}^3$$

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = \frac{(V_{\text{to}} - V_s)}{V_{\text{to}}} \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m^3

volumen solido (V_s) = 0.810 m^3

$$V_{\text{vacios}} = 19 \%$$

Resumen de las cantidades para un 1 m^3 de mezcla.

Cant. Cemento = 333.509 kg

Cant. de agregado = 1517.15 kg

Cant. de agua = 120.06 Lts

Cant. de vacíos = 19 %

Obtención de cantidades en una mezcla para una tanda de 6 probetas

Dimensiones de las probetas de acuerdo a la ASTM C- 192.

Diámetro = 0.15 m


Altura = 0.30 m

Volumen = 0.0053 m^3

El volumen para 6 probetas será:


Volumen = 0.032



 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO</p>	<p>DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRECO PERMEABLE - ACI 211.3R</p>
<p><u>Cantidades para 6 probetas</u></p> <p>Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %</p> <p>Cant. Cemento = 11.74 kg Cant. de agregado = 53.4 kg Cant. de agua = 4.22 Lts Cant. de vacíos = 19 %</p> <p><u>Obtención de cantidades para vigas</u></p> <p>Ancho = 0.15 m Alto = 0.15 m Largo = 0.50 m volumen = 0.1125 m³</p> <p>El volumen para 2 vigas será: volumen = 0.023 m³</p> <p><u>Cantidades para 2 vigas</u></p> <p>Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %</p> <p>Cant. Cemento = 8.44 kg Cant. de agregado = 38.38 kg Cant. de agua = 3.04 Lts Cant. de vacíos = 19 %</p>	

Fuente: Elaboración Tesistas

Anexo 9 - Diseño de mezcla para concreto permeable con 23% de vacíos

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRECO PERMEABLE - ACI 211.3R	
Diseño de mezcla para concreto permeable con 23 % de vacíos			
<u>Datos generales del agregado</u>			
módulo de finura	6.816		
contenido de humedad	0.65	%	
peso específico de masa (Pemsss)	2598.97	kg/m ³	
peso específico saturado con superficie seca (PeSSS)	2630.89	kg/m ³	
Peso específico aparente (Pea)	2684.66	kg/m ³	
Absorción	1.23	%	
peso unitario suelto (PUS)	1419.61	kg/m ³	
Peso unitario compactado (PUC)	1513.86	kg/m ³	
Tamaño máximo nominal (TMN)	1/2"		
<u>Características Cemento</u>			
Cemento: Pacasmayo: tipo I			
Densidad aparente del cemento = 3150 kg/m ³			
<u>Características Agua</u>			
Peso Específico = 1000 kg/m ³			
<u>Peso del agregado grueso de acuerdo al ACI 211.3R</u>			
Valores Efectivos			
Porcentajes del agregado fino (%)	b/b _o		
	Nº 8 (3/8")	Nº 67 (3/4")	
0	0.99		0.99
10	0.93		0.93
20	0.85		0.86
Fuente: ACI 211. 3R, 1998.			
Se utilizó el valor b/b _o = 0.99: de acuerdo a la tabla anterior debido a que el TMN del agregado grueso es 1/2" y tiene un porcentaje de agregado fino de 0 %. Debido a que se encuentra dentro del rango de 3/8" y 3/4".			



Obtención del peso del agregado según la tabla de valores efectivos del ACI 211.3R

Pag = Peso unitario del agregado x factor b/b_o

$$\begin{aligned} \text{Pag} &= 1513.86 \quad \times \quad 0.99 \quad \times \quad 1 \text{ m}^3 \\ \text{Pag} &= 1498.72 \text{ kg} \end{aligned}$$

Ajuste del peso del agregado según su peso saturado superficialmente seco

$$\begin{aligned} \text{Psss} &= \text{Pag} \times (1 + \text{húmeda}/100) \\ \text{Psss} &= 1498.72 \times 1.0123 \\ \text{Psss} &= 1517.15 \end{aligned}$$

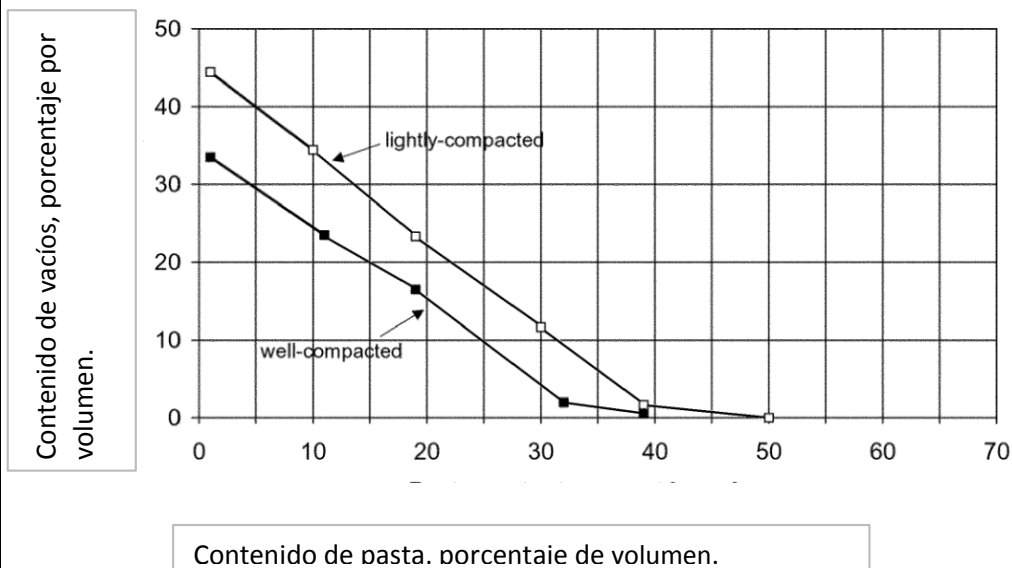
Volumen del agregado grueso

$$\begin{aligned} \text{Vag} &= \text{Psss} / \text{Pmesss} \\ \text{Vag} &= 0.584 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Obtención del volumen de la pasta

El volumen de la pasta se obtendrá de acuerdo a la figura en el ACI 211.3R

Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado.





Para el 23 % de vacíos se tendrá un volumen de la pasta de 13 %

Entonces:

$$V_p = V_c + V_a$$

V_p = volumen de la pasta

V_c = volumen del cemento

V_a = volumen del agua

Luego:

$$V_p = ((c/D_{acem}) + ((a/c) \times c/1000))$$

C = Peso del Cemento.

D_{ac} = densidad aparente del cemento

a/c = relación agua cemento

La relación a/c en concretos permeables varia 0.26 a 0.45.

Para nuestra investigación este valor será el promedio de este rango.

$$a/c = 0.36$$

Reemplazando los valores en la ecuación

$$V_p = ((c/3150) + 0.36(c)/1000)$$

$$0.130 = ((c/3150) + 0.36(c)/1000)$$

$$C = 191.893$$

obtención del contenido del agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 191.893 \times 0.36$$

$$W = 69.08 \text{ Lts}$$

Determinación de volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³

Volumen el Agregado

$$V_{ag} = P_{sss} / P_e$$

Donde:

V_{ag} = Volumen del agregado grueso

P_{sss} = Peso del agregado ajustado por absorción

P_e = Peso específico del agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

**Volumen del Cemento**

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 191.893 / 3150$$

$$V_c = 0.061 \quad m^3$$

Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 69.08 / 1000$$

$$V_a = 0.069 \quad m^3$$

Volumen del solidovolumen del solido = V_{ag} + V_c + V_a

$$\text{volumen del solido} = 0.714 \quad m^3$$

Comprobación del Porcentaje de Vacíos

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = ((V_{\text{to}} - V_{\text{s}}) / V_{\text{to}}) \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³volumen solido (V_s) = 0.714 m³

$$V_{\text{vacios}} = 28.6 \%$$

Observación: Debido a que el volumen de vacíos obtenido no cumple (o no coincide) con el volumen de vacíos requerido, se aplicó lo indicado en la norma que dice que podemos usar más de 30 kg de cemento sin afectar la reacción a/c.



Reajuste del peso con el nuevo contenido de cemento

Aumento de cemento: 82 kg

$$C = 191.893 + 82$$

$$C = 273.893 \text{ Kg}$$

Reajuste del contenido de agua

$$W = c \times a/c$$

$$W = 273.893 \times 0.36$$

$$W = 98.60 \text{ Lts}$$

Nuevos volúmenes de los materiales de la pasta para 1 m³

Volumen el Agregado

$$V_{ag} = 0.584 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Cemento

$$V_c = c / D_{ac}$$

Donde:

C = peso del cemento

D_{ac} densidad aparente del cemento

$$V_c = 273.893 / 3150$$

$$V_c = 0.087 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del Agua

$$V_a = W / D_a$$

Donde:

W = Peso del agua

D_a = Densidad del agua

$$V_a = 98.60 / 1000$$

$$V_a = 0.099 \text{ m}^3$$

Nuevo Volumen del solido

volumen del solido = V_{ag} + V_c + V_a

$$\text{volumen del solido} = 0.770 \text{ m}^3$$

**Comprobación del Porcentaje de Vacíos**

Para comprobar el porcentaje de vacíos se utilizara la siguiente formula:

$$V_{\text{vacios}} = ((V_{\text{to}} - V_{\text{s}})/V_{\text{to}}) \times 100$$

Donde:

volumen total (V_{to}) = 1 m³

volumen solido (V_{s}) = 0.770 m³

$$V_{\text{vacios}} = 23 \%$$

Resumen de las cantidades para un 1 m³ de mezcla.

Cant. Cemento = 273.893 kg

Cant. de agregado = 1517.15 kg

Cant. de agua = 98.60 Lts

Cant. de vacíos = 23 %

Obtención de cantidades en una mezcla para una tanda de 6 probetas

Dimensiones de las probetas de acuerdo a la ASTM C- 192.

Diámetro = 0.15m

Altura = 0.30 m

Volumen = 0.0053 m³

El volumen para 6 probetas será:

Volumen = 0.032

Cantidades para 6 probetas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 9.64 kg

Cant. de agregado = 53.4 kg

Cant. de agua = 3.5 Lts

Cant. de vacíos = 23 %



Obtención de cantidades para vigas

Ancho = 0.15 m

Alto = 0.15 m

Largo = 0.50 m

volumen = 0.1125 m³

El volumen para 2 vigas será:

volumen = 0.023 m³

Cantidades para 2 vigas

Se le añadirá un porcentaje de desperdicio del 10 %

Cant. Cemento = 6.03 kg

Cant. de agregado = 38.38 kg


Cant. de agua = 2.49 Lts

Cant. de vacíos = 23 %

Fuente: Elaboración Tesistas




Anexo 10 - Resultados resistencia a la compresión con 15% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO						
		NTP 339.034/ ASTM C39 HORMIGON (CONCRETO). Metodo de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.						
Especialidad: Ingeniería Civil			Hoja		1	de		4
Nombre de Investigación:			INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.					
Investigadores:			<u>Layza Vásquez, Leishman Jacob</u> <u>Ríos Miñano, Charles Jorge</u>					
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 15%	15	15	30	28	176.71	41710	236.04	214.259
P2 - 15%	15	15	30	28	176.71	37420	211.76	
P3 - 15%	15	15	30	28	176.71	35640	201.69	
P4 - 15%	15	15	30	28	176.71	34850	197.22	
P5 - 15%	15	15	30	28	176.71	38230	216.34	
P6 - 15%	15	15	30	28	176.71	39320	222.51	

Fuente: Elaboración Tesistas




Anexo II - Resultados resistencia a la compresión con 17% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO						
		NTP 339.034/ ASTM C39 HORMIGON (CONCRETO). Metodo de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.						
Especialidad: Ingeniería Civil				Hoja	2	de	4	
Nombre de Investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.						
Investigadores:		<u>Layza Vásquez, Leishman Jacob</u> <u>Rios Miñano, Charles Jorge</u>						
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 17%	17	15	30	28	176.71	26500	149.963	151.567
P2 - 17%	17	15	30	28	176.71	27740	156.980	
P3 - 17%	17	15	30	28	176.71	26780	151.548	
P4 - 17%	17	15	30	28	176.71	28770	162.809	
P5 - 17%	17	15	30	28	176.71	25940	146.794	
P6 - 17%	17	15	30	28	176.71	24970	141.305	

Fuente: Elaboración Tesistas




Anexo 12 - Resultados resistencia a la compresión con 19% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO						
		NTP 339.034/ ASTM C39 HORMIGON (CONCRETO). Meto de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.						
Especialidad: Ingeniería Civil			Hoja 3 de 4					
Nombre de Investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.						
Investigadores:		<u>Layza Vásquez, Leishman Jacob</u> <u>Rios Miñano, Charles Jorge</u>						
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)
		Diámetro (cm)	Altura (cm)					
P1 - 19%	19	15	30	28	176.71	20640	116.802	108.662
P2 - 19%	19	15	30	28	176.71	17840	100.956	
P3 - 19%	19	15	30	28	176.71	18680	105.710	
P4 - 19%	19	15	30	28	176.71	19770	111.878	
P5 - 19%	19	15	30	28	176.71	19350	109.501	
P6 - 19%	19	15	30	28	176.71	18930	107.125	

Fuente: Elaboración Tesistas




Anexo 13 - Resultados resistencia a la compresión con 23% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE CONCRETO																																																																		
	NTP 339.034/ ASTM C39 HORMIGON (CONCRETO). Meto de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.																																																																		
Especialidad: Ingeniería Civil				Hoja 4 de 4																																																															
Nombre de Investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.																																																																	
Investigadores:		<u>Layza Vásquez, Leishman Jacob</u> <u>Rios Miñano, Charles Jorge</u>																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Probeta</th> <th rowspan="2">Porcentaje de vacíos (%)</th> <th colspan="2">Dimensiones</th> <th rowspan="2">Edad de ensayo (Días)</th> <th rowspan="2">Área (cm²)</th> <th rowspan="2">Carga Máxima (Kg)</th> <th rowspan="2">Resistencia a la compresión (kg/cm²)</th> <th rowspan="2">Resistencia a la compresión promedio (kg/cm²)</th> </tr> <tr> <th>Diámetro (cm)</th> <th>Altura (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td>14430</td> <td>81.659</td> <td rowspan="6" style="text-align: center; vertical-align: middle;">79.132</td> </tr> <tr> <td>P2 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td>13440</td> <td>76.057</td> </tr> <tr> <td>P3 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td>12720</td> <td>71.982</td> </tr> <tr> <td>P4 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td>14670</td> <td>83.017</td> </tr> <tr> <td>P5 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td>13800</td> <td>78.094</td> </tr> <tr> <td>P6 - 23%</td> <td>23</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>176.71</td> <td style="background-color: #008000; color: white;">14840</td> <td>83.979</td> </tr> </tbody> </table>								Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	P1 - 23%	23	15	30	28	176.71	14430	81.659	79.132	P2 - 23%	23	15	30	28	176.71	13440	76.057	P3 - 23%	23	15	30	28	176.71	12720	71.982	P4 - 23%	23	15	30	28	176.71	14670	83.017	P5 - 23%	23	15	30	28	176.71	13800	78.094	P6 - 23%	23	15	30	28	176.71	14840	83.979
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones		Edad de ensayo (Días)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Resistencia a la compresión promedio (kg/cm ²)																																																									
		Diámetro (cm)	Altura (cm)																																																																
P1 - 23%	23	15	30	28	176.71	14430	81.659	79.132																																																											
P2 - 23%	23	15	30	28	176.71	13440	76.057																																																												
P3 - 23%	23	15	30	28	176.71	12720	71.982																																																												
P4 - 23%	23	15	30	28	176.71	14670	83.017																																																												
P5 - 23%	23	15	30	28	176.71	13800	78.094																																																												
P6 - 23%	23	15	30	28	176.71	14840	83.979																																																												

Fuente: Elaboración Tesistas




Anexo 14 - Resultados resistencia a la flexión de 15%, 17%, 19% y 23% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO	RESISTENCIA A LA FLEXION DE CONCRETO							
	NTP 339.078 HORMIGON (CONCRETO). Meto de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto.							
Especialidad: Ingeniería Civil					1	de	1	
Nombre de Investigación:		INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO POROSO UTILIZANDO DIFERENTES PORCENTAJES DE VACIOS, CAJAMARCA 2020.						
Investigadores:		<u>Layza Vásquez, Leishman Jacob</u> <u>Rios Miñano, Charles Jorge</u>						
Especímen	Porcentaje de vacíos (%)	Dimensiones			Edad de ensayo (Días)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)	Resistencia a la flexión promedio (kg/cm ²)
		Ancho Promedio (cm)	Alto Promedio (cm)	Luz entre Soportes (cm)				
V1 - 15%	15	15	14.85	45	28	1818	37.10	37.61
V2 - 15%	15	14.9	15	45	28	1893	38.11	
V1 - 17%	17	14.95	15	45	28	1743	34.98	34.91
V2 - 17%	17	15.1	14.75	45	28	1696	34.85	
V1 - 19%	19	15	14.8	45	28	1543	31.70	30.10
V2 - 19%	19	14.8	15.95	45	28	1590	28.50	
V2 - 23%	23	15	15	45	28	1125	22.50	23.76
V2 - 23%	23	14.85	15	45	28	1238	25.01	

Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 15 - Resultados ensayo de permeabilidad de 15% de vacíos.

 UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO			ENSAYO DE PERMEABILIDAD							
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Longitud de muestra (cm)	Área de muestra (cm ²)	Área de tubería de carga (cm ²)	Altura columna de agua (cm)	Altura de la tubería de salida del N.R (cm)	Tiempo (s)	Ln (h1/h2)	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad
		L	A	a	h0	h1	t	Ln	k (cm/s)	k (mm/s)
P1	15	30	176.71	176.71	30	1.00	53	3.401	1.925	19.25
P2	15	30	176.71	176.71	30	1.00	49	3.401	2.082	20.82
P3	15	30	176.71	176.71	30	1.00	54	3.401	1.890	18.90
Promedio										19.66

Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 16 - Resultados ensayo de permeabilidad de 17% de vacíos.

UPRIT UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		ENSAYO DE PERMEABILIDAD								
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Longitud de muestra (cm)	Área de muestra (cm ²)	Área de tubería de carga (cm ²)	Altura columna de agua (cm)	Altura de la tubería de salida del N.R (cm)	Tiempo (s)	Ln (h1/h2)	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad
		L	A	a	h0	h1	t	Ln	k (cm/s)	k (mm/s)
P1	17	30	176.71	176.71	30	1.00	47	3.401	2.171	21.71
P2	17	30	176.71	176.71	30	1.00	45	3.401	2.267	22.67
P3	17	30	176.71	176.71	30	1.00	48	3.401	2.126	21.26
Promedio										21.88

Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 17 - Resultados ensayo de permeabilidad de 19% de vacíos.

UPRIT UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		ENSAYO DE PERMEABILIDAD								
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Longitud de muestra (cm)	Área de muestra (cm ²)	Área de tubería de carga (cm ²)	Altura columna de agua (cm)	Altura de la tubería de salida del N.R (cm)	Tiempo (s)	Ln (h1/h2)	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad
		L	A	a	h0	h1	t	Ln	k (cm/s)	k (mm/s)
P1	19	30	176.71	176.71	30	1.00	40	3.401	2.551	25.51
P2	19	30	176.71	176.71	30	1.00	42	3.401	2.429	24.29
P3	19	30	176.71	176.71	30	1.00	43	3.401	2.373	23.73
Promedio										24.51

Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 18 - Resultados ensayo de permeabilidad de 23% de vacíos.

UPRIT UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO		ENSAYO DE PERMEABILIDAD								
Probeta	Porcentaje de vacíos (%)	Longitud de muestra (cm)	Área de muestra (cm ²)	Área de tubería de carga (cm ²)	Altura columna de agua (cm)	Altura de la tubería de salida del N.R (cm)	Tiempo (s)	Ln (h1/h2)	Coefficiente de permeabilidad	Coefficiente de permeabilidad
		L	A	a	h0	h1	t	Ln	k (cm/s)	k (mm/s)
P1	23	30	176.71	176.71	30	1.00	31	3.401	3.291	32.91
P2	23	30	176.71	176.71	30	1.00	28	3.401	3.644	36.44
P3	23	30	176.71	176.71	30	1.00	30	3.401	3.401	34.01
Promedio										34.46

Fuente: Elaboración Tesistas



Anexo 22 - Guía de observación N° 04

Formato de Prueba de Porcentaje de vacíos con la norma ASTM C29

	Unidad	M1 (cm)	M2 (cm²)	M3 (cm²)
Peso del material suelto + la olla	Gr			
Peso del material compacto + la olla	Gr			
Peso de la olla	Gr			
Volumen de la olla	l			
Peso volumétrico suelto	Kg/m ³			
Peso volumétrico suelto promedio	Kg/m ³			
Peso volumétrico compactado	Kg/m ³			
Peso volumétrico compactado promedio	Kg/m ³			