



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación del concreto permeable para su uso como
pavimento rígido en la ciudad de Trujillo**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Bacilio Angeles, Gean Piero (ORCID: 0000–0002–0560–3324)

Méndez Merino, Ricardo Rubén (ORCID: 0000–0002–2470–1122)

ASESOR:

Mg. Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000 – 0002 – 3674 – 9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

A nuestros padres, por todo el apoyo, comprensión y amor que nos brindaron durante nuestra formación universitaria, incentivándonos a no darnos por vencido.

Y a nuestros hermanos, por toda la ayuda en los momentos más difíciles y por la energía que nos compartían.

AGRADECIMIENTO

Primordialmente agradecemos a Dios por bendecir cada día de nuestra formación universitaria, brindándonos sabiduría y paciencia.

A nuestro asesor, el Ingeniero Horna Araujo, por los conocimientos que nos compartía y por todo el apoyo durante el desarrollo de nuestra investigación.

Y al Ingeniero Farfán, por la paciencia y por las pautas que nos brindaba para mejorar nuestra investigación.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	17
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	16
2.2. Operacionalización de variables.....	17
2.3. Población, muestra y muestreo.....	18
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
2.5. Métodos de análisis de datos.....	19
2.6. Aspectos éticos	19
III. RESULTADOS.....	20
VI. DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES.....	31
VI. RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Propiedades de los agregados.....	20
TABLA 2: Criterios de diseño de mezcla de concreto permeable.....	20
TABLA 3: Diseño de mezcla de concreto permeable (Gradación 1/2").....	21
TABLA 4: Diseño de mezcla de concreto permeable (Gradación 3/8").....	21
TABLA 5: Asentamiento de concreto permeable.....	22
TABLA 6: Resistencia a la compresión del a los 7 días (Gradación 1/2").....	22
TABLA 7: Resistencia a la compresión a los 14 días (Gradación 1/2").....	22
TABLA 8: Resistencia a la compresión a los 28 días (Gradación 1/2").....	23
TABLA 9: Resistencia a la compresión del a los 7 días (Gradación 3/8").....	23
TABLA 10: Resistencia a la compresión a los 14 días (Gradación 3/8").....	23
TABLA 11: Resistencia a la compresión a los 28 días (Gradación 3/8").....	24
TABLA 12: Resistencia a la flexión a los 28 días (Gradación 1/2").....	24
TABLA 13: Resistencia a la flexión a los 28 días (Gradación 3/8").....	25
TABLA 14: Permeabilidad de concreto permeable (Gradación 1/2").....	25
TABLA 15: Permeabilidad de concreto permeable (Gradación 3/8").....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Relación entre la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión del concreto permeable.....	29
--	----

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el concreto permeable para su uso como pavimento rígido en la ciudad de Trujillo. Determinando las resistencias a la compresión y flexión y a su vez determinando el coeficiente de permeabilidad del concreto permeable.

Para ello se realizaron dos tipos de mezclas siguiendo las especificaciones que nos brinda el ACI 522 R-10, una con agregado grueso de 1/2" y otra con agregado grueso de 3/8". De esta manera se elaboraron 30 especímenes de concreto, donde se realizaron 9 probetas de 15 x 30 cm por cada tipo de mezcla, para ensayarlas a resistencia a la compresión en los tiempos de curado de 7, 14 y 28 días. Para la resistencia a la flexión, se elaboraron 3 vigas por cada tipo de mezcla con dimensiones de 15x15x60 cm, siendo ensayadas a los 28 días de curado y para determinar el coeficiente de permeabilidad se elaboraron 3 probetas de 10 x 15 cm para cada tipo de mezcla, ensayándolos a los 28 días.

Finalmente, de los resultados obtenidos, se pudo observar que el agregado de 1/2" obtuvo la mayor resistencia a la compresión y flexión a los 28 días de curado, siendo estas de 211.65 kg/cm² y 27.77 kg/cm² respectivamente, mientras que para el agregado de 3/8" se obtuvo resistencia a la compresión y flexión de 133.73 kg/cm² y 15.16 kg/cm² respectivamente. Y para el coeficiente de permeabilidad se obtuvo 2.417 cm/s y 1.795 cm/s para agregado de 1/2" y 3/8" respectivamente. Concluyéndose que el diseño de mezcla con agregado grueso de 1/2" es el más favorable a utilizar para un pavimento rígido de tráfico ligero, ya que tiene las mayores resistencias, y a su vez cumple con todos los parámetros estipulados en la norma ACI 522 R-10.

Palabras clave: concreto permeable, permeabilidad, flexión y compresión.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate permeable concrete for use as a rigid pavement in the city of Trujillo. Determining the compressive and flexural strengths and in turn determining the permeability coefficient of permeable concrete.

For this, two types of mixtures were made following the specifications provided by the ACI 522 R-10, one with 1/2" thick aggregate and another with 3/8" thick aggregate. In this way 30 concrete specimens were made, where 9 specimens were made of 15 x 30 cm for each type of mixture, to be tested for compressive strength at curing times of 7, 14 and 28 days. For flexural strength, 3 beams were made for each type of mixture with dimensions of 15x15x60 cm, being tested after 28 days of curing and to determine the permeability coefficient, 3 specimens were prepared of 10 x 15 cm for each type of mixture, testing them after 28 days.

Finally, from the results obtained, it was observed that the 1/2" aggregate obtained the highest compression and flexural strength after 28 days of curing, these being 211.65 kg/cm² and 27.77 kg/cm² respectively, while for the 3/8" aggregate, compression and flexural strength of 133.73 kg/cm² and 15.16 kg/cm² respectively were obtained. And for the permeability coefficient, 2,417 cm/s and 1,795 cm/s were obtained for aggregate of 1/2" and 3/8" respectively. Concluding that the mix design with 1/2" thick aggregate is the most favorable to use for a rigid pavement of light traffic, since it has the highest resistance, and in turn meets all the parameters stipulated in the ACI 522 R standard -10.

Keywords: permeable concrete, permeability, flexion and compression.

I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos son estructuras que se construyen sobre el terreno natural y que están conformados por una o más capas de materiales diferentes, que permiten el tránsito sobre ellos de manera segura y cómoda. Sin embargo, son varios los factores que generan su deterioro, siendo uno de los principales la acumulación de agua sobre su superficie. Este problema se da en todo el mundo, por lo cual se han buscado alternativas de solución para erradicar este problema, encontrando una de ellas que es la aplicación de concreto permeable en pavimentos rígidos como capa de rodadura.

Nuestro país a principios del 2017 fue golpeado por el fenómeno del niño costero, las lluvias seguidas e intensas que sucedieron en varias ciudades del Perú reflejaron que la mayoría de pistas no cuentan con un sistema adecuado de drenaje para poder combatir con este problema. La ciudad de Trujillo no es ajena a esta realidad, se observa que año tras año el problema de inundaciones es grave en nuestra ciudad producto de las intensas lluvias que suceden, esto genera que las pistas se deterioren ocasionando diversos daños como el colapso de alcantarillas y también produce incomodidad de los conductores y peatones al no poder desplazarse con facilidad producto de los pavimentos inundados.

Es por ello que se busca una alternativa de solución para reducir los problemas que se ocasionan en los pavimentos de nuestra ciudad. Por lo tanto, queremos dar a conocer las características que presenta el concreto permeable como pavimento rígido para dar solución al problema.

A continuación, se darán a conocer investigaciones relacionadas a nuestra tesis:

Gonzales (2015), en su investigación “Estudio y evaluación de las características físicas y propiedades mecánicas del concreto polimérico permeable para su utilización en proyectos con fines ambientales”, tiene como objetivo realizar un concreto polimérico permeable que ofrezca propiedades mecánicas y físicas óptimas para proyectos ambientales que conceda el pase de aguas pluviales y evite que la escorrentía produzca efectos destructivos. Se realizaron 7 mezclas distintas para conseguir una porción adecuada para que estas cumplan con requisitos de resistencia y permeabilidad. Así también se evaluaron las mezclas mediante ensayos normados para concretos permeables definiendo la porción óptima en base al fruto

de los ensayos realizados. Finalmente se concluyó que las mezclas 2 y 7 presentaron propiedades mecánicas y físicas óptimas, tales como resistencia a la compresión de 216 kg/cm² y 170 kg/cm² respectivamente, demostrando así que pueden ser usados en proyectos ambientales como en pavimentos de tráfico liviano.

Maguesvari y Narasimha (2013), en la investigación “Estudios sobre la caracterización de concreto permeable para aplicaciones en pavimentos”, tienen el objetivo de determinar la influencia de las cantidades de los agregados gruesos y finos en las propiedades del concreto permeable. De esta manera, se utilizaron agregado fino correspondiente a la clasificación II y cuatro distintos tipos de agregados grueso que están entre los rangos de 4.75 a 9mm, 9 a 12.5 mm, 12.5 a 16 mm y de 16 a 19.5 mm. Posteriormente se realizaron mezclas con la relación de a/c de 0.34 con contenido de cemento de 400 kg/m³, manteniendo la relación de agregado y cemento de 4.75:1. El agregado fino fue reemplazado por agregado grueso en el rango de 50-100% en peso. Finalmente, al realizar los ensayos, se dieron cuenta que el número de angularidad del agregado grueso influye en las propiedades del concreto, ya que se obtuvieron resistencias a la compresión entre el rango de 10 a 26 N/mm² cuando el número de angularidad varía de 8 a 4. De la misma manera para el coeficiente de permeabilidad aumenta de 0.4 cm/s a 1.26 cm/s cuando el número de angularidad varía de 8 a 4.

Guizado y Curi (2017), en la investigación “Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú”, tienen el objetivo de ayudar con la investigación del concreto permeable como una opción de contrastar las aguas pluviales resultante de lluvias anormales a causa de la alteración del clima en la costa noroeste del Perú. Para ello se realizaron pruebas de resistencia a la compresión y tracción por flexión, analizando la capacidad estructural del concreto permeable. Al terminar los ensayos de las mezclas, se obtuvo que la mayor resistencia a la compresión es de 172 kg/cm², la cual está hidratada uniformemente, con slump igual a cero y escasa presencia de grumos, por otro lado, la resistencia menor fue de 82 kg/cm² donde la relación agua cemento presentó las mayores relaciones, los cuales son 0.33 y 0.31 respectivamente. En general, concluyeron que elaborar concreto permeable es posible, siempre y cuando se cumpla con las condiciones de resistencia y las condiciones de drenaje para intensidades máximas en golpes del fenómeno El Niño.

Rangelov, Nassiri, Chen, Russell y Uhlmeier (2017), en la investigación “Pruebas de evaluación de calidad para la colocación de pavimentos de concreto permeable”, tienen como objetivo examinar el método de fundición y compactación de muestras en el campo, evaluar el efecto del tamaño de la muestra sobre la densidad endurecida y la resistencia a la compresión a los 28 días e investigar el efecto del aire y la duración del curado húmedo en f'_c de 28 días. Las muestras en este estudio fueron emitidas por la colocación de concreto permeable en el muelle de un terminal en dos días de pavimentación, donde las muestras fueron arrojadas a cargas de camiones. Seguido se realizó la fundición de cilindros pequeños y grandes, siendo un total de 48 cilindros pequeños y 40 grandes. Finalmente, los cilindros pequeños y grandes obtuvieron una fuerza a la compresión a los 28 días de 20.2 MPa y 19.2 MPa respectivamente, encontrándose que los cilindros pequeños presentan valores más altos que los cilindros grandes en un 7.7 a 19 por ciento. Las observaciones de este estudio sugirieron que ambos tamaños de cilindro pueden usarse para pruebas de control de calidad de concreto permeable.

Paredes (2018), en su investigación “Evaluación de una losa de concreto permeable vaciada in situ, para su aplicación en la construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca”, tiene de objetivo realizar la evaluación de una losa de concreto permeable para la aplicación en pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca, donde consideró dos diseños de mezcla para obtener la mezcla óptima del concreto permeable. Para ello, de cada mezcla se realizaron 15 probetas para precisar la resistencia a la compresión según las normas ACI 522R-10 y ASTM C39 y para el ensayo de permeabilidad se realizaron 12 probetas. Los resultados obtenidos permitieron observar que la mezcla II-ADBII-AD1-FPP1 cumple con los parámetros de resistencia a la compresión y de permeabilidad, siendo 257.48 kg/cm² y 2.31 mm/s respectivamente, permitiendo así ser usado en pavimentos rígidos.

Chaiña y Villanueva (2017), en la investigación “Diseño de concreto permeable, para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67 y arena gruesa de la cantera la poderosa, para la ciudad de Arequipa”, tienen como objetivo comparar resultados de experimentos con distintos diseños de mezcla y darle uso en pavimentos rígidos. De esta manera, el mejor comportamiento del diseño de mezcla se determinó realizando 18 diseños de mezclas preparándose cilindros y vigas para cada diseño para finalmente ejecutar los ensayos de resistencia a la compresión y flexión, desgaste, permeabilidad y tensión indirecta.

Posteriormente se observaron los resultados y se eligió la mezcla óptima que tiene resistencias a la compresión de 334 kg/cm², a la flexión de 48.8 kg/cm², a la tracción indirecta de 49 kg/cm², al desgaste de 22.61% y una permeabilidad de 3.82 mm/s. que cumple con los requisitos para el uso en pavimentos rígido.

Costa, Lorenzi, Haselbach y Silva (2018) en la investigación “Mejores prácticas para el diseño de mezcla de concreto permeable y pruebas de laboratorio”, tienen el objetivo de evaluar los diseños de mezcla y las técnicas de preparación de muestras de prueba. Para ello se realizaron dos tipos de especímenes y métodos de compactación. A su vez se realizaron varias pruebas para comparar las siguientes variables; densidad, porosidad, permeabilidad y resistencia a la compresión. Como resultados se obtuvo una porosidad promedio de 26.39 % y 29.30%, para la tasa de infiltración se obtuvo un valor promedio de 0.35 cm/s y para la resistencia a la compresión se obtuvo un resultado promedio de 12 MPa. En conclusión, el método de diseño estudiado con un estricto control de densidad fue eficiente para obtener la porosidad deseada. El rodillo da resultado a una superficie más compacta que hace disminuir la tasa de infiltración y permeabilidad.

Collantes y Eslava (2018) en su investigación “Influencia del agregado reciclado sobre la compresión, abrasión, asentamiento y permeabilidad en el concreto permeable no estructural” determinaron la influencia del porcentaje de reemplazo de concreto reciclado sobre la resistencia a la compresión, abrasión, asentamiento y permeabilidad en el conformado de concreto permeable no estructural. Para ello se ejecutaron los siguientes ensayos: la resistencia a la compresión, la abrasión y la permeabilidad. Las probetas fueron ensayadas a los 28 días de edad, a excepción del ensayo de compresión que a la edad de 7 días de curado también fue ensayado. Finalmente se concluyó que la estructura óptima del concreto permeable presentando la mayor resistencia a la compresión de 238 kg/cm² y permeabilidad de 2.10 mm/s. se logra con un porcentaje de 40 % de agregado reciclado conservando características de permeabilidad.

Perez (2017), en su investigación “Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable, Trujillo 2017” tiene como objetivo decretar la influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable. Es así que se elaboraron 3 diseños de

mezclas siguiendo la metodología que brinda el ACI 522 R-10, luego se realizaron los ensayos para conocer las resistencias mecánicas, densidad y contenido de vacíos, logrando así, comparar la conducta de las tres gradaciones de agregado grueso. Finalmente se obtuvo resistencias a la compresión y flexión de 209.68 kg/cm² y 33.81 kg/cm² respectivamente para el concreto permeable trabajado con la gradación N°4, además presenta una tasa de percolación promedio de 2.22 mm/s.

Palacios (2018), en su investigación “Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en Distrito de Independencia – Huaraz – Ancash, 2018” tiene como objetivo realizar la mezcla idónea de concreto permeable que satisfaga las propiedades mecánicas e hidráulicas, para que sea aplicable en pavimentos rígidos y tenga un adecuado sistema de drenaje. Para cumplir con los objetivos, se realizaron 2 diseños de mezclas tanto para agregado de 3/8” y 1/2” siguiendo los parámetros mencionados en el ACI 522R-10. Seguidamente se elaboraron las muestras de concreto permeable para determinar la permeabilidad y las resistencias a la compresión y flexión. Finalmente, el agregado grueso de 3/8” presentó los mayores resultados en resistencia, obteniéndose 180.68 kg/cm² y 28.33 kg/cm² para resistencias a la compresión y flexión respectivamente, mientras que para el agregado grueso de 1/2” se obtuvo el mejor resultado para el coeficiente de permeabilidad, siendo esta de 0.492 m/s.

El concreto permeable cada día a tomado interés, algunos países ya emplean este tipo de concreto con la finalidad de mejorar la calidad de sus vías. Hoy en día tienen una amplia gama de utilidades, como en áreas de estacionamiento, pisos de invernaderos, aeropuertos, canchas de tenis, áreas de zoológicos, grandes centros comerciales y superficies vehicular de tránsito liviano (Silva, 2016, p.18).

Los pavimentos con concreto permeable han sido utilizados desde mediados de los años setenta, clasificándose de esta manera en tres categorías, pavimento de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso y pavimentos de bloques de hormigón. Como regla general, se espera que estos pavimentos obtengan una alta porosidad, gracias a la cantidad significativa de huecos conectados entre el agregado grueso que se utilice. En pocas ocasiones se utiliza agregado fino con el objetivo de mejorar la interconectividad del agregado grueso y mejorar la resistencia (Tavarez y Kazmierczak, 2016).

Los pavimentos con estructuras de concreto permeable permiten el drenaje del agua a través de sus capas. Esto permite la mayor parte de absorción de las escorrentías superficiales que se generan sobre la capa de rodadura del pavimento. De esta manera el agua que es absorbida se infiltra directamente al suelo, o en algunos casos donde se diseñe un sistema de drenaje el agua puede ser conducido a un depósito diferente, donde posteriormente puede ser reutilizado. Para que este proceso sea factible, es recomendable no utilizar agregado fino en la mezcla del concreto permeable, solo así habrá un mejor funcionamiento de la estructura del pavimento (Batezini y Balbo, 2015).

Así también, este tipo de pavimentos con concreto permeable se encuentran dentro del conjunto de medidas que se toman como criterios que definen a construcciones de infraestructura sustentables para el transporte, siendo más precisos en puntos de conservación, aprovechamiento y control de las escorrentías provenientes de las precipitaciones. Es recomendable utilizarlo en zonas de baja pendiente como en lugares de tráfico ligero, estacionamientos, parques y veredas (Gutiérrez, Rodríguez y Jaramillo, 2017).

Los sistemas de concreto permeable también pueden servir para mitigar los efectos de isla de calor por su naturaleza porosa, ya que proporciona aislamiento contra una transferencia de calor más rápida por conducción en el subsuelo. La estructura porosa también puede proporcionar refrigeración por evaporación siempre y cuando haya quedado agua en la estructura porosa. Con las investigaciones, se llegó a ver que es suficiente la refrigeración para compensar la adición de calor en tiempos de verano. (Lorenzi, Haselbach, Pinto da Silva, Simonetto y Bacelo, 2018).

En base a estudios, los pavimentos de concreto permeable reducen la concentración de contaminantes que están presentes en la escorrentía. Se demostró que la reducción de contaminantes estaba por encima del 85% para sólidos suspendidos totales y 90% para metales pesados. A su vez, se demostró que los pavimentos de concreto permeable son muy eficaces para eliminar el fósforo total. (Becker y Pinheiro, 2019)

El concreto permeable contiene un alto grado de vacíos interconectados, mezclados con pocas cantidades de agregado fino, dejando así filtrar grandes cantidades de agua sin obstáculos. Durante la preparación de este tipo de concreto debemos controlar las cantidades

de agua, cemento y agregado grueso, para obtener un producto eficaz y que cumpla con su objetivo. Ya que podrá finalmente filtrar las escorrentías superficiales de agua e incluso en ciertos casos filtra la contaminación. (Ribeiro, Dos Santos, Pagnussat y Brandalise, 2018).

El concreto permeable básicamente está conformado principalmente por cemento normal, aditivos, agregado grueso, agua y pequeñas cantidades de agregado fino en algunas ocasiones. Dicha mezcla da como resultado una aglomeración donde los puntos de contacto del agregado grueso se encuentran rodeados por una capa de pasta delgada de cemento endurecido. Gracias a esto se produce grandes espacios entre el agregado grueso, permitiendo de esta manera que el agua pueda filtrar en grandes cantidades a diferencia de lo que sucede en el concreto convencional (Pérez, 2017, p. 26).

El concreto permeable de asentamiento cero, cuenta con materiales como el cemento portland, poco agregado fino, agregado grueso, aditivos y agua. Una vez mezcladas producen un material con poros interconectados endurecido permitiendo que a través de su estructura se filtre el agua fácilmente. El contenido de vacíos puede variar de 18% a 35% alcanzando resistencias a la compresión entre 2.8 a 28 MPa. El tamaño del agregado grueso favorecerá a la velocidad de drenaje del concreto permeable que generalmente esta entre 81 y 730 l/min/m² (ACI 522 R).

El concreto permeable, concreto sin finos o previous concrete es una mezcla de cemento, aditivos, agregados gruesos y agua, que al combinarse da resultado un concreto que es apto para elaborar pavimentos y pisos completamente porosos. Se debe tener en cuenta la escasa presencia de agregado fino, ya que sin ésta el concreto toma una estructura porosa, dejando que el agua pueda filtrar libremente por toda su estructura, disminuyendo progresivamente la acumulación del agua en su superficie (Toxement, 2017).

El concreto permeable es fabricado básicamente en agregado grueso, agua y cemento, en casos excepcionales se la agrega una cantidad mínima de agregado fino para mayor adherencia del agregado grueso. Este concreto tiene ciertas características a tener en cuenta, como la relación de agua y cemento que debe ser baja para evitar que se llenen los vacíos. Así también tenemos el porcentaje de vacíos que es de 15 al 25% cuando se utiliza agregado

grueso de 3/8", y entre 30 y 40% cuando se utiliza agregado grueso de 1/2" (Paredes, 2018, p. 23).

El concreto permeable, para el uso en pavimentos, tiene ingredientes casi iguales al concreto de cemento portland convencional con la diferencia que no tiene agregado fino o poca cantidad de ella, de esta manera se desarrolla una estructura porosa que permite infiltrar rápidamente las aguas pluviales. Es por ello que los intereses recientes para usar pavimentos de concreto permeable es gracias al beneficio de reducción de la tasa de escorrentía, la eliminación de contaminantes de la escorrentía y reducción del efecto de isla de calor. Pese a ello, la estructura porosa de este concreto afecta a las propiedades mecánicas disminuyéndola (Nassiri, 2019).

En el caso de pistas de tráfico ligero, en la estructura se debe considerar una base o subbase permeable para que actúe como un tanque de almacenamiento y si las condiciones lo permiten, como tanque de permeación. De manera general, todas las estructuras de pavimentos que lleguen a infiltrar agua de la capa superficial reciben el nombre de pavimento permeable (Castro, Sominihac, Videla y Fernández, 2009).

Para Gonzales (2015, p. 4), el cemento es un elemento aglomerante y su composición es a base de esquistos, arcillas pulverizadas y el ingrediente más importante que es la caliza, todo esto expuesto a altas temperaturas para crear el Clinker. Después el Clinker es pulverizado adicionándose yeso dihidrato que regula el fraguado para conformar finalmente el cemento. Los distintos tipos de cementos recomendados para el uso en concreto permeable son de Portland tipo I y II o cemento portland IP o IS según lo decretado en las Normas ASTM C-150 y ASTM C-595 respectivamente.

Según Choque y Ccana (2016, p.16) el cemento llega a ser un conglomerante hecho gracias a la mezcla de caliza y arcilla calcinada, seguidamente molidas, obteniendo la propiedad de solidificarse al contacto con el agua. Hasta este momento la trituración entre estas rocas es denominada Clinker, que posteriormente se convierte en cemento al añadirle yeso, el cual le brinda la cualidad a esta mezcla de poder fraguar y endurecerse. Finalmente, al ser mezclado con agua y agregados como la grava y arena, se forma una mezcla maleable y uniforme que

se endurece y adquiere una consistencia pétreo denominada hormigón o concreto. Hasta el día de hoy su uso es importante en construcciones de ingeniería civil.

La porción de cemento tiene un desempeño fundamental en el concreto permeable, ya que si se le agrega mayor parte la resistencia puede ascender, sin embargo, el contenido de vacíos se verá afectado ya que disminuirá y evitará que pase el agua a través de la estructura del concreto permeable. En conclusión, a mayor cantidad de cemento mayor será la resistencia, pero reducirá el porcentaje de vacíos perdiendo la capacidad de infiltración que es la más importante característica de este concreto (Luck y Medina, 2018, p.23).

No debemos olvidar la importancia de los agregados, porque de esto dependerá el buen desempeño de la permeabilidad que es la característica especial del concreto permeable.

Los agregados son de suma importancia para el diseño de una mezcla de concreto, ya que estas logran llenar las 3/4 partes del volumen total. Así mismo, el agregado llega a restringir la resistencia del concreto. Finalmente se puede definir que el agregado es un conjunto de partículas naturales o artificiales donde las normas establecidas definen el diámetro a utilizar. (Palacios, 2018, p.19).

Los agregados usados en el concreto permeable son típicamente agregado grueso de tamaño entre 3/4" y 3/8". Estos agregados deben cumplir con los requisitos de ASTM D448 Y C33/C33 M. Así mismo, se debe tener en cuenta que el contenido de agregado fino es limitado en este tipo de mezcla permeable ya que tiende a comprometer la conectividad del sistema poroso y reducir el flujo del agua a través del concreto permeable. El agregado grueso debe ser duro y limpio para no perjudicar o afectar la unión de la pasta. La humedad del agregado al momento de la mezcla es importante, ya que el agregado seco puede dar una mezcla que carece de la capacidad de trabajo adecuado para su colocación y compactación (ACI 522 R-10, p.6).

Para Tennis (como se citó en Pérez, 2017, p.27) últimamente, el concreto poroso se ha utilizado en pavimentos de tráfico ligero, andadores y estacionamientos. Cabe recalcar, que, para ser usado en estos tipos de construcciones, comúnmente se utilizan tamaños de agregados pequeños por cuestiones de estética. Según la norma ASTM C33, los agregados

gruesos de 3/8” a No. 50, son utilizados especialmente en estacionamiento y andadores más de 20 años en Florida.

Respecto a las propiedades en estado fresco del concreto permeable, debemos tener en cuenta la consistencia, trabajabilidad, densidad y contenido de aire.

La trabajabilidad para Pasquel (como se citó en Collantes y Eslava, 2018, p.37-38) se define como la menor o mayor problema al realizar la mezcla, la colocación, el transporte y compactación del concreto. Su estimación es referente, ya que depende verdaderamente de la simplicidad manual o mecánica del que se dispone durante las fases del proceso, porque si el concreto logra ser trabajable por ciertas condiciones cambian. Aun así, la trabajabilidad está influenciada primordialmente por la pasta, la cantidad de agua y la proporción apropiada entre el agregado grueso y fino, produciendo una óptima continuidad en la elaboración de la masa. Frecuentemente el concreto es trabajable cuando durante su elaboración conserva siempre una película de mortero de 1/4” en el agregado grueso.

De la misma manera para Kosmatka, Kerkhoff, Panarese y Tanesi (como se citó en Pérez, 2017, p. 29) existen varios elementos que contribuyen con la trabajabilidad del concreto, como por ejemplo la duración y el método del transporte, el tamaño, la forma y la textura visible de los agregados, las propiedades y cantidades de los materiales cementantes, la proporción adecuada de agua, el aire incorporado y finalmente la temperatura del concreto y los aditivos.

Para Mohammed, Liew, Alaloul, Khed, Yit y Adamu (2018) es crucial tener un control sobre el tiempo de fraguado de la mezcla para que se mantenga en condiciones plásticas durante un periodo de tiempo suficiente. Esto es de suma importancia, ya que permite una compactación y acabado satisfactorio después de la colocación. El tiempo de fraguado y la trabajabilidad son directamente proporcionales, es decir, cuanto más factible sea la pasta de cemento, mayor será el tiempo de fraguado.

Para Rivva (como se citó en Paredes, 2018, p .38) la consistencia del concreto es una característica que determina la humedad por el grado de fluidez de la mezcla, actuando directamente proporcional; es decir que, si la mezcla es más húmeda, la facilidad de fluir del

concreto mediante su colocación será mayor. Por ejemplo, una mezcla no tan trabajable en estructuras con mucha concentración de acero es de consistencia plástica, mientras que una mezcla trabajable para pavimentos llega a ser muy consistente.

La consistencia del concreto permeable para Choque y Ccana (2016, p. 20) frecuentemente llega a ser cero; aun así, se usan valores entre 20 a 50mm. Sin embargo, la prueba de revenimiento realizado en el concreto permeable según la norma ASTM C143, no es una prueba que sea considerado con fines de control de calidad, como en el concreto convencional. Para el caso del concreto permeable se considera como valor de referencia, porque generalmente la mezcla es muy rígida y la prueba del revenimiento no es aplicable en varios casos.

Para un concreto usado en estructuras convencionales, ya sean edificios, pavimentos u otros, debe tener un peso unitario que este entre 2240 y 2400 Kg/m³. Se debe tener en cuenta que la variación de la densidad del concreto depende de la cantidad y densidad relativa del agregado y de los contenidos de agua y cemento. Normalmente se supone la unión del concreto convencional y el acero de refuerzo pesa 2400 kg/m³. Así mismo, hay una gran variedad de concretos que pueden ser usados para determinadas necesidades, que van desde concretos con densidad de 240 kg/m³, a concretos de densidad 6400 kg/m³, usados para contrapesos o blindajes. En cambio, el concreto permeable tiene una densidad menor gracias a que posee un porcentaje significativo de vacíos. (Chaiña y Villanueva, 2017, p.64).

Para Pérez (como se citó en Loyola, p.20) la mezcla de concreto permeable tiene una densidad aproximada del 70% de la densidad de una mezcla de concreto convencional. Esto quiere decir que los resultados de la densidad del concreto permeable están entre los intervalos de 1600 y 2000 kg/m³ dependiendo de la cantidad de vacíos que tenga. Gracias a la norma ASTM C29 es que se puede determinar esto.

El concreto permeable tiene resistencias mecánicas importantes y que debemos tener en cuenta, ya que dependiendo de estos el concreto tendrá un funcionamiento eficaz, es por eso que debemos conocer algunas definiciones de éstas.

Del concreto permeable, la resistencia a la compresión está definido por la cantidad de agregados y la compactación mientras se dispone el concreto, es por eso que existe una relación entre el contenido de vacíos y la resistencia a la compresión. Para que se pueda generar una estructura porosa en la estructura y que la resistencia a la compresión no se vea muy afectada hay que tener cuidado con la relación agua/cemento para la mezcla, considerando así, mientras más alta sea la relación agua/cemento, la adherencia entre agregados no será el adecuado presentando problemas en su colocación. Gracias a investigaciones realizadas se señala que la relación debe estar entre 0.26 y 0.45, ya que en estos parámetros el concreto permeable presenta una adherencia adecuada con los agregados y tiene mejor consistencia. Finalmente, el concreto permeable ofrece una resistencia a la compresión entre 35 y 280 kg/cm², pero esto dependerá de las características del agregado y la debida colocación y compactación del concreto. (Loyola, 2017, p.21).

Para Sanchez de Guzman (como se citó en Moujir y Castañeda , 2014, p.35) la resistencia a la flexión es denominada módulo de rotura. También puede ser definida como resistencia a la tracción y para el caso del todo concreto la resistencia a la flexión siempre es menor a la compresión. Una vez realizado el ensayo a la flexión se debe identificar el lugar de falla del concreto, de esta manera se podrá determinar el módulo de rotura. Para el diseño de un pavimento es de suma importancia determinar el módulo de rotura, ya que la capa de rodadura de un pavimento trabaja primordialmente a flexión.

La resistencia a la flexión esta entre 10 y 38 kg/cm² en el concreto permeable, y esta depende de la relación agua/cemento, el contenido de vacíos y la compactación del concreto al igual que la resistencia a la compresión. Pero debemos tener presente que esta propiedad no es determinante en el diseño de un concreto permeable. (Loyola, 2017, p.21). Por otro lado, para Gonzales (2012, p. 21) la resistencia a la flexión del concreto permeable se encuentra dentro del rango de 1 MPa a 3.8 MPa. Los factores que influyen son diversos, empezando con el grado de compactación, la relación agregado/cemento y la porosidad. Es por ello que existe una relación entre la resistencia a la flexión y el aumento de la porosidad, ya que al tener más porcentaje de vacíos la resistencia a la flexión tiende a disminuir. Cabe recalcar que la resistencia a la flexión del concreto permeable no requiere ser medido en aplicaciones típicas para el diseño de ésta.

En cambio, para Ulloa (2018) el uso de agregados reciclados en una mezcla del 100%, el desempeño de la resistencia a la flexión mejoró, debido a la alta absorción de áridos ya que se mejora las propiedades al absorber la pasta de cemento durante el mezclado. Es así que se obtuvo una resistencia a la flexión de 1MPa, 8% menos que la mezcla con agregados normales, donde se obtuvo una resistencia de 1.3 MPa.

No debemos olvidarnos de la importancia de la permeabilidad en este tipo de concreto, ya que ésta indica que es de un material poroso.

El objetivo principal del concreto permeable es obtener un contenido de vacíos adecuado, permitiendo que el agua pase a través de su estructura fácilmente. Los agregados que se llegan a utilizar juegan un papel importante en la porosidad de la estructura, ya que de eso depende que el porcentaje de contenido de vacíos aumente y por ende haya mayor filtración de agua. Es recomendable utilizar agregados gruesos de mayor diámetro, evitando los agregados finos que pueden llegar a ocupar esos espacios vacíos importantes para la filtración (Khankhaje, Rafieizonooz, Razman, Mirza, Salmiati y Wrđi, 2017).

“La característica destacada del concreto permeable es el alto contenido de vacío de aire en estado endurecido, que suele oscilar entre el 15 y el 25 % del volumen total. La porosidad es una propiedad esencial del concreto permeable, que afecta sus características hidráulicas, mecánicas y de durabilidad, y depende en gran medida de los parámetros de diseño de la mezcla y del método de compactación” (Rangelov, Nassiri, Chen, Russell y Uhlmeyer, 2017).

El pavimento permeable está caracterizado por tener una estructura porosa permitiendo de esta manera que el agua se filtre a través de él, llegando a tener numerosos beneficios ambientales. Aun así, las características de drenaje generalmente no coinciden con una alta resistencia y condiciones eficaces de la superficie cuando son sometidas a tráfico vehicular, es por ello que, hasta la fecha, el uso del concreto permeable se limitan en áreas urbanas donde se presente un tráfico ligero. Y debemos tener en cuenta que para el diseño de mezcla y los rigurosos estándares de construcción aún no se han definido (Bonecelli, 2016).

La permeabilidad en un concreto se define como la cantidad de filtración de agua u otras sustancias en estado líquido que pasan por los poros de la estructura en un determinado tiempo que puede ser medido (Vélez, 2010, p. 173). La permeabilidad del pavimento es una función de la relación de vacíos, que están entre 15-30%. Por ejemplo, para un pavimento permeable de 125 mm, se registró una permeabilidad de 450 litros/min/m². Está muy por encima de las tasas de percolación de la superficie natural. Se recomienda subgrados con una proporción de vacíos del 30-40%, cuando se requiera consideraciones de resistencia y almacenamiento (Tuxworth, 2015, p. 4).

Para Pérez (2017, p. 41), la característica de filtrar agua es importante ya que esta permite el paso del agua eliminando así la escorrentía y acumulación de agua en la superficie del pavimento alimentando los mantos acuíferos.

La permeabilidad depende de las características de los materiales, la cantidad de mezcla y la manera en que se colocan y se compactan. Se debe tener en cuenta que una compactación excesiva disminuirá la permeabilidad ya que los poros se sellarán y no habrá filtración de agua (Choqqe, 2016, p.21.)

La permeabilidad de las mezclas para el concreto permeable se encuentran entre los rangos de 0.89-0.14 cm/s, siendo mayor que las mezclas con agregados vírgenes, esto quiere decir que puede estar asociado con una mejor interconectividad de vacíos entre el agregado de la mezcla a causa de una menor energía de compactación requerida, gracias a ellos se puede lograr la porosidad a la que se quiere llegar (Gaedicke, Marines, Mata y Miankodila, 2015).

Para medir la permeabilidad del concreto permeable, se utiliza un sencillo permeámetro de carga variable. Este ensayo se realiza poniendo una muestra en una membrana de latex, con la finalidad de evitar que el agua se filtre por los lados de la muestra. A su vez, se agrega agua al cilindro llenando el tubo de drenaje y la celda donde se encuentra la muestra. La muestra está condicionada correctamente para que el agua fluya por la tubería hasta que el nivel en la muestra graduada sea la misma en la parte superior de la tubería de drenaje. De esta manera se reduce las burbujas de aire en la muestra, asegurando la saturación completa de la muestra (Vigil, 2012, p. 63-64).

Es importante resaltar que el ensayo de permeabilidad utiliza un equipo de permeabilidad existente. Además, este ensayo sigue el principio de la Ley de Darcy, y a su vez es recomendada por el ACI. Con este ensayo se llega a medir la cantidad de agua que filtra por la muestra en un tiempo dado. Es recomendable que antes de iniciar el ensayo, las muestras deben estar completamente saturada, y dejar pasar al menos 7 días antes de empezar a tomar los datos experimentales (Sandoval, 2017).

Así también, para Neithalath (como se citó en Pils, Oliveira, Regoso, Paulon y Costella, 2019) la prueba para determinar el coeficiente de permeabilidad debe realizarse con la adición de agua hasta que el concreto se haya saturado completamente, llegando hasta el nivel máximo en el tubo vertical que debe estar 1 cm por debajo de la muestra. La válvula debe cerrarse y llenar con agua hasta alcanzar la marca h1. Luego debe abrirse y medir el tiempo hasta alcanzar la marca h2. Se recomienda repetirse 3 veces el procedimiento y tomarse la media aritmética de los valores obtenidos.

Luego de conocer acerca del concreto permeable y sus características nos formulamos el siguiente problema. ¿Qué características presenta el concreto permeable para su uso como pavimento rígido en la ciudad de Trujillo?

Nuestra hipótesis es la siguiente: las propiedades evaluadas al concreto permeable cumplen con los requisitos para ser usado como pavimento rígido en la ciudad de Trujillo.

En la actualidad los fenómenos naturales como la lluvia han ocasionado que las calles de Trujillo estén dañadas, ya que se observa que la mayoría quedan inundadas en su totalidad. Producto de esto, los drenajes colapsan y además se observan baches a lo largo de las pistas. En el aspecto tecnológico esta investigación se justifica porque, el concreto permeable es un tema nuevo para nuestro país, pero su uso en pavimentos serviría para poseer un mejor control de evacuación de las aguas provenientes de la lluvia u otros agentes externos y así permitir que se reduzcan las inundaciones y deformaciones en las calles. La utilización de esta nueva tecnología beneficiará a los usuarios ya que disminuirá la congestión vehicular y mejorará el estado de las pistas.

Además, en el aspecto económico si se logra utilizar este concreto, la inversión inicial sería un poco más que los pavimentos convencionales, pero a la vez a lo largo del tiempo el costo

de mantenimiento sería mínimo puesto que no se necesita mucho ya que el sistema de drenaje sería óptimo.

También, en el aspecto académico con esta tesis se puede tener un mejor entendimiento acerca de cómo aplicar un concreto permeable en nuestro país, y además con toda la información se pueda generar más investigaciones para más adelante se pueda elaborar una norma para su aplicación más puntual ya que no existe en nuestro país.

El objetivo general al cual queremos llegar es el siguiente: Evaluar las características que presenta el concreto permeable para su uso como pavimento rígido en la ciudad de Trujillo. Para ello realizaremos los siguientes objetivos empezando por realizar la caracterización del agregado grueso de 3/8" y 1/2" para luego desarrollar el diseño de mezcla y finalmente determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable, la resistencia a la flexión del concreto permeable y determinar la permeabilidad del concreto permeable.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

- Según su enfoque: Esta es una investigación cuantitativa porque plasmaremos e interpretaremos los resultados o datos obtenidos en laboratorio comprobando y asemejando estos resultados con trabajos previos y normas establecidas.
- Según su finalidad: Esta es una investigación básica porque generará nuevos conocimientos y nuevos resultados que beneficiará al estudio de las características del concreto permeable.
- Según su nivel: Esta es una investigación descriptiva porque se darán a conocer las características del concreto permeable como la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión y permeabilidad.
- Según su temporalidad: Esta es una investigación transversal porque solo se tomará un resultado para cada ensayo realizado.

Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es un diseño no experimental descriptivo simple.

2.2. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Concreto Permeable	Mezcla de concreto, elaborado con cemento, agregado grueso, agua y aditivos. (Toxement,2017)	Mediante ensayos determinaremos las propiedades del concreto permeable, para lo cual nos basaremos en la norma ACI 522R-10.	Propiedades físicas	<ul style="list-style-type: none">• Resistencia a la compresión (kg/cm²)• Resistencia a la flexión (kg/cm²)• Capacidad de filtración (cm/s)	Cuantitativa de razón

2.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población de esta investigación estuvo conformada por probetas y vigas de concreto permeable. Se utilizaron dos gradaciones de agregados de 1/2" y 3/8", teniéndose así dos tipos de mezclas.

Muestra: Para la muestra de esta tesis utilizamos 30 especímenes de concreto permeable, los cuales se repartieron de la siguiente manera:

Días de curado	Resistencia a la compresión		Resistencia a la flexión		Permeabilidad	
	Mezcla 1/2"	Mezcla 3/8"	Mezcla 1/2"	Mezcla 3/8"	Mezcla 1/2"	Mezcla 3/8"
7 días	3	3	-	-	-	-
14 días	3	3	-	-	-	-
28 días	3	3	3	3	3	3

Para determinar la resistencia a la compresión de este concreto permeable, se elaboraron probetas de forma cilíndrica de dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de longitud.

Para determinar la resistencia a la flexión de este concreto permeable, se elaboraron vigas de forma prismática de dimensiones de 15cm x 15 cm x 60 cm.

Para determinar la permeabilidad de este concreto permeable, se elaboraron probetas de forma cilíndrica de 10 cm de diámetro y 15 cm de longitud.

Muestreo: No probabilístico

Criterios de selección:

- **Inclusión:** Como nuestro muestreo es no probabilístico utilizamos todas las muestras
- **Exclusión:** No se excluyeron muestras.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas: Para esta investigación se utilizó la observación como técnica principal de recolección de datos, estos datos fueron recolectados con el apoyo de equipos de medición, como: equipo de topografía, de muestreo y ejecución de ensayos de suelos, etc.

Instrumentos: Para esta investigación se utilizaron las guías de observación como instrumento de recolección de datos, luego de realizado los ensayos se plasmaron los resultados en formatos entregados por el laboratorio, estos formatos se basan en normas estandarizadas.

Validez y confiabilidad:

Como estos documentos se basan en normas estandarizadas y han sido elaborados por profesionales capacitados y especializados en el área, se confía en los resultados obtenidos.

2.5. Método de análisis de datos

Para procesar los datos de esta investigación obtenidos en los ensayos de laboratorio se utilizaron hojas de cálculos del software Excel, para organizar estos resultados mediante tablas. Finalmente se analizaron todos los resultados obtenidos haciendo uso de la estadística descriptiva, para luego compararlos con la norma ACI 522R-10 y otros resultados obtenidos en diferentes investigaciones.

2.6. Aspectos éticos

Para esta investigación los autores nos comprometimos a cumplir con la exactitud de todos los resultados obtenidos al término de esta investigación, dejando constancia que en ningún momento estos han sido manipulados ni alterados ya que fueron realizados en el laboratorio siguiendo normas estandarizadas; además los autores de otras investigaciones mencionados en nuestra investigación han sido citados correctamente.

III. RESULTADOS

5.1. Caracterización de los agregados

Tabla 1: *Propiedades de los agregados*

Agregados	Peso Unitario (kg/m³)	Peso Específico (kg/m³)	Contenido de humedad (%)	Capacidad de absorción (%)
Grueso (1/2")	1764.34	2690.00	0.60	2.03
Grueso (3/8")	1463.60	2630.00	0.64	2.32

Fuente: Autores

La tabla 1 nos muestra las propiedades físicas necesarias del agregado grueso de 1/2" y 3/8", las cuales nos sirvieron para poder realizar los diseños de mezcla de concreto permeable para cada tipo de gradación de agregado.

5.2. Diseño de mezcla de concreto permeable

Para elaborar el diseño de mezcla de concreto permeable partimos con un diseño convencional de 175 kg/cm², siendo esta la resistencia mínima requerida para pavimentos especiales según la norma CE. 010.

Ya que para un concreto permeable se tienen diferentes consideraciones al de un concreto convencional, se utilizaron los siguientes criterios de diseño de mezcla:

Tabla 2: *Criterios de diseño de mezcla de concreto permeable*

Mezcla	Relación agua/cemento	Porcentaje de Vacíos	Volumen de Pasta	b/bo
A. Grueso (1/2")	0.35	0.15	0.25	0.99
A. Grueso (3/8")	0.35	0.15	0.25	0.99

Fuente: Autores

En la tabla 2 se muestran los criterios de diseño de mezcla utilizados para la elaboración de concreto permeable tanto para el agregado de 1/2" y como para el agregado de 3/8", para lo cual nos basamos en la norma ACI 522 R-10.

Tabla 3: Diseño de mezcla de concreto permeable (*Gradación 1/2"*)

Material	Proporción en Volumen	Peso (kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	371.70	16.4%
A. Grueso	4.70	1746.70	76.8%
Agua	17.71	154.92	6.8%
Total para 1 m ³		2273.32	100%

Fuente: Autores

Tabla 4: Diseño de mezcla de concreto permeable (*Gradación 3/8"*)

Material	Proporción en Volumen	Peso (kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	371.70	18.8%
A. Grueso	3.90	1448.96	73.4%
Agua	17.64	154.28	7.8%
Total para 1 m ³		1974.95	100%

Fuente: Autores

La tabla 3 nos muestra la dosificación de mezcla utilizando agregado de 1/2" para lo cual se especifica en kilogramos por cada metro cubico de mezcla y también en proporciones cuya relación es de 1:4.70/17.71 l. Y en la tabla 4 nos muestra la dosificación de mezcla utilizando agregado de 3/8" para lo cual se especifica en kilogramos por cada metro cubico de mezcla y también en proporciones cuya relación es de 1:3.90/17.74 l.

5.3. Ensayos realizados a los especímenes de concreto permeable

5.3.1. Ensayos realizados al concreto permeable en estado fresco

5.3.1.1. Asentamiento del concreto permeable

Para determinar el asentamiento del concreto permeable de ambas mezclas nos basamos en las normas NTP 339.035 y la ASTM C143, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 5: *Asentamiento de concreto permeable*

Mezcla	Slump (pulgadas)	Consistencia
A. Grueso (1/2")	0.00	Seca
A. Grueso (3/8")	0.80	Seca

Fuente: Autores

La tabla 5 nos muestra los resultados obtenidos luego de haber utilizado el cono de Abrams para realizar el ensayo para la medición del asentamiento del concreto permeable, obteniendo un asentamiento de 0 pulgadas para el concreto permeable utilizando agregado de 1/2" y de 0.8 pulgadas para el concreto permeable utilizando agregado de 3/8". Ambas mezclas obtuvieron una consistencia seca.

5.3.2. Ensayos realizados al concreto permeable en estado endurecido

5.3.2.1. Resistencia a la compresión

Para obtener la resistencia a la compresión del concreto permeable nos basamos en las normas NTP 339.034 y la ASTM C39, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6: *Resistencia a la compresión del a los 7 días (Gradación 1/2")*

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
1	86.10	
2	90.03	87.97
3	87.77	

Fuente: Autores

Tabla 7: *Resistencia a la compresión a los 14 días (Gradación 1/2")*

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
4	164.21	
5	170.87	169.22
6	172.59	

Fuente: Autores

Tabla 8: Resistencia a la compresión a los 28 días (Gradación 1/2")

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
7	210.65	
8	211.90	211.65
9	212.39	

Fuente: Autores

Las tablas 6, 7 y 8 nos muestran los resultados obtenidos para las resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días, luego de haber realizado el ensayo de compresión a los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 1/2". En la tabla 6 se muestran las resistencias alcanzadas a los 7 días, alcanzando 87.97 kg/cm² de resistencia promedio. La tabla 7 nos muestra las resistencias alcanzadas a los 14 días, alcanzando 169.22 kg/cm² de resistencia. Mientras que la tabla 10 nos muestra las resistencias alcanzadas a los 28 días, alcanzando 211.65 kg/cm² de una resistencia promedio.

Tabla 9: Resistencia a la compresión a los 7 días (Gradación 3/8")

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
1	72.21	
2	71.66	71.91
3	71.87	

Fuente: Autores

Tabla 10: Resistencia a la compresión a los 14 días (Gradación 3/8")

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
4	109.12	
5	108.30	108.93
6	109.37	

Fuente: Autores

Tabla 11: Resistencia a la compresión a los 28 días (Gradación 3/8")

Muestra	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
7	133.07	
8	134.27	133.73
9	133.84	

Fuente: Autores

Las tablas 9, 10 y 11 nos muestran los resultados obtenidos para las resistencias a la compresión a los 7, 14 y 28 días, luego de haber realizado el ensayo de compresión a los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 3/8". En la tabla 9 se muestran las resistencias alcanzadas a los 7 días, alcanzando 71.91 kg/cm² de resistencia promedio de 71.91 kg/cm². La tabla 10 nos muestra las resistencias alcanzadas a los 14 días, alcanzando 108.93 kg/cm² de resistencia promedio. Mientras que la tabla 11 nos muestra las resistencias alcanzadas a los 28 días, alcanzando 133.73 kg/cm² de resistencia promedio.

Luego de haber realizado el ensayo de compresión a los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 1/2" y 3/8", observamos que todos los valores alcanzados a los 7, 14 y 28 días, se encuentran dentro de lo establecido en la norma ACI 522 R-10, debiéndose encontrar esta resistencia entre los 70 y 280 kg/cm².

5.3.2.2. Resistencia a la flexión

Para obtener la resistencia a la flexión del concreto permeable nos basamos en las normas NTP 339.078 y la ASTM C78, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 12: Resistencia a la flexión a los 28 días (Gradación 1/2")

Muestra	Módulo de rotura (kg/cm²)	Resistencia promedio (kg/cm²)
1	22.82	
2	30.40	27.92
3	30.56	

Fuente: Autores

Tabla 13: Resistencia a la flexión a los 28 días (Gradación 3/8")

Muestra	Módulo de rotura (kg/cm ²)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
1	16.09	
2	17.15	15.16
3	12.24	

Fuente: Autores

Las tablas 12 y 13 nos muestran los resultados obtenidos para las resistencias a la flexión alcanzadas a los 28 días, luego de haber realizado el ensayo a la flexión a las vigas de concreto permeable.

La tabla 12 nos muestra las resistencias a la flexión de vigas de concreto permeable utilizando agregado de 1/2", alcanzando 27.77 kg/cm² de resistencia promedio. La tabla 13 nos muestra las resistencias a la flexión de vigas de concreto permeable utilizando agregado de 3/8", alcanzando 15.16 kg/cm² de resistencia promedio.

Luego de haber realizado el ensayo de flexión a las vigas de concreto permeable utilizando agregado de 1/2" y 3/8", observamos que todos los valores alcanzados a los 28 días, se encuentran dentro de lo establecido en la norma ACI 522 R-10, debiéndose encontrar esta resistencia entre entre los 10 y 38 kg/cm².

5.3.2.3. Permeabilidad

Para obtener la permeabilidad del concreto permeable nos basamos en la norma ACI 522 R-10 haciendo uso de un permeámetro, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 14: Permeabilidad de concreto permeable (Gradación 1/2")

Muestra	Coefficiente de permeabilidad (cm/s)	Coefficiente de permeabilidad promedio (cm/s)
1	2.375	
2	2.351	2.417
3	2.524	

Fuente: Autores

Tabla 15: *Permeabilidad de concreto permeable (Gradación 3/8")*

Muestra	Coefficiente de permeabilidad (cm/s)	Coefficiente de permeabilidad promedio (cm/s)
1	1.854	
2	1.827	1.795
3	1.703	

Fuente: Autores

Las tablas 14 y 15 nos muestran los coeficientes de permeabilidad alcanzados a los 28 días, luego de haber realizado el ensayo de permeabilidad a los cilindros de concreto permeable.

La tabla 16 nos muestra los coeficientes de permeabilidad de los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 1/2", alcanzando un valor promedio de 2.417 cm/s. La tabla 17 nos muestra los coeficientes de permeabilidad de los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 3/8", alcanzando un valor promedio de 1.795 cm/s. Luego de haber realizado el ensayo de permeabilidad a los cilindros de concreto permeable utilizando agregado de 1/2" y 3/8", observamos que todos los valores alcanzados a los 28 días, se encuentran dentro de lo establecido en la norma ACI 522 R-10, debiéndose encontrar estos valores entre 0.001 y 10 cm/s.

IV. DISCUSIÓN

En lo que respecta a la resistencia a la compresión, las resistencias a los 28 días del concreto permeable con agregado de 1/2" alcanzó un valor de 211.65 kg/cm² siendo esta la mayor resistencia con respecto al concreto permeable con agregado de 3/8" que alcanzó una resistencia de 133.73 kg/cm².

Según Palacios (2018) en su tesis titulada "Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en distrito de Independencia – Huaraz - Ancash, 2018", alcanzó una resistencia a los 28 días de 178.73 kg/cm² con agregado de 1/2" y con agregado de 3/8" alcanzó una resistencia a los 28 días de 180.68 kg/cm². En ambos casos las resistencias alcanzadas por el autor son menores al valor de la resistencia del concreto permeable con agregado de 1/2", pero mayores a la resistencia del concreto permeable con agregado de 3/8".

Según Loyola (2017) en su tesis titulada "Propuesta de un pavimento de concreto permeable $f'c = 210$ kg/cm² para la Prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Joven Florida Alta, Chimbote - 2017", diseñó un concreto permeable utilizando agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, alcanzando una resistencia de 210.84 kg/cm² a los 28 días. En este caso se observa que el valor de la resistencia alcanzado por el autor se asemeja a nuestro resultado.

Según Castañeda y Moujir (2014) en su proyecto titulado "Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos", diseñaron dos tipos de mezclas de concreto poroso, en el primer diseño utilizaron agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando una resistencia a los 28 días de 232.60 kg/cm². En el segundo diseño utilizaron agregado de 1/2" sin agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando una resistencia a los 28 días de 214.65 kg/cm². En ambos casos se observa que las resistencias alcanzadas en ambos diseños por los autores superan a las resistencias de nuestros resultados.

Según la norma ACI 522 R-10 nos dice que las resistencias a la compresión deben encontrarse entre los 70 y 280 kg/cm². En este caso las resistencias alcanzadas en el concreto permeable con agregado de 1/2" y 3/8" se encuentran dentro de lo establecido por esta norma.

También en lo que respecta a la resistencia a la flexión el concreto permeable con agregado de 1/2" alcanzo un módulo de rotura de 27.77 kg/cm² siendo esta la mayor

resistencia con respecto al concreto permeable con agregado de 3/8" que alcanzo una resistencia de 15.16 kg/cm².

Según Palacios (2018) en su tesis titulada "Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en distrito de Independencia – Huaraz - Ancash, 2018", alcanzó una resistencia a los 28 días de 27.57 kg/cm² con agregado de 1/2" y con agregado de 3/8" alcanzó una resistencia a los 28 días de 28.33 kg/cm². En este caso la resistencia alcanzada del concreto permeable de 1/2" por el autor se asemeja a la resistencia del concreto permeable con agregado de 1/2", pero su resistencia alcanzada del concreto permeable de 3/8" es mayor a las resistencias de nuestros resultados.

Según Loyola (2017) en su tesis titulada "Propuesta de un pavimento de concreto permeable $f'_c = 210$ kg/cm² para la Prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Joven Florida Alta, Chimbote - 2017", diseñó un concreto permeable utilizando agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, alcanzando una resistencia de 34.67 kg/cm² a los 28 días. En este caso se observa que el valor de la resistencia alcanzado por el autor es mayor a nuestro resultado.

Según Castañeda y Moujir (2014) en su proyecto titulado "Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos", diseñaron dos tipos de mezclas de concreto poroso, en el primer diseño utilizaron agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando un módulo de rotura a los 28 días de 37.09 kg/cm². En el segundo diseño utilizaron agregado de 1/2" sin agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando un módulo de rotura a los 28 días de 35.98 kg/cm². En ambos casos se observa que las resistencias alcanzadas en ambos diseños por los autores superan a las resistencias de nuestros resultados.

Según la norma ACI 522 R-10 nos dice que las resistencias a la flexión deben encontrarse entre los 10 y 38 kg/cm². En este caso las resistencias alcanzadas en el concreto permeable con agregado de 1/2" y 3/8" se encuentran dentro de lo establecido por esta norma.

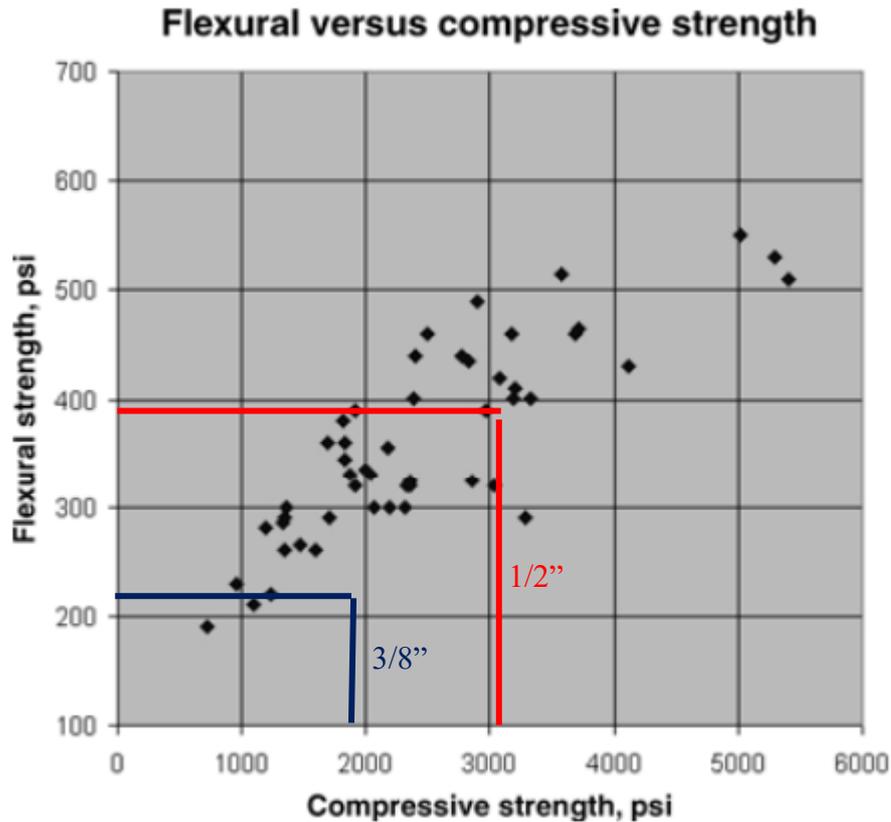


Figura 1: *Relación entre la resistencia a la flexión y resistencia a la compresión del concreto permeable*

Fuente: ACI 522 R-10, 2010

Según la Figura 01 que nos brinda ACI 522 R-10, nos muestra la relación que existe entre las resistencias a la flexión y compresión del concreto permeable. Como podemos observar los resultados del concreto permeable con agregado grueso de 1/2" cumplen con esta relación, por otro lado, el que contiene agregado grueso de 3/8" esta levemente fuera del rango establecido.

En cuanto a la permeabilidad el concreto permeable con agregado de 3/8" se obtuvo un valor de 1.795 cm/s siendo este menor al del concreto permeable con agregado de 1/2" que alcanzó un valor 2.417 cm/s.

Según Palacios (2018) en su tesis titulada "Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en distrito de Independencia – Huaraz - Ancash, 2018", el coeficiente de permeabilidad que alcanzó fue de 0.492 cm/s con agregado de 1/2" y con agregado de 3/8" alcanzó un coeficiente de permeabilidad de 0.166 cm/s. En ambos casos los coeficientes alcanzados por el autor son menores al valor de los coeficientes de permeabilidad de nuestros resultados.

Según Loyola (2017) en su tesis titulada “Propuesta de un pavimento de concreto permeable $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para la Prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Joven Florida Alta, Chimbote - 2017”, diseñó un concreto permeable utilizando agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, alcanzando un coeficiente de permeabilidad de 0.5 cm/s. En este caso el valor del coeficiente alcanzado por el autor es menor a nuestro resultado.

Según Castañeda y Moujir (2014) en su proyecto titulado “Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos”, diseñaron dos tipos de mezclas de concreto poroso, en el primer diseño utilizaron agregado de 1/2" con agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando un coeficiente de permeabilidad de 1.447 cm/s. En el segundo diseño utilizaron agregado de 1/2" sin agregado fino y aditivo superplastificante, plastificante, reductor de agua y retardante, alcanzando un coeficiente de 2.572 cm/s. En este caso el valor de permeabilidad alcanzado por el autor en el primer diseño de mezcla es menor al valor de nuestros resultados, pero el coeficiente alcanzado en el segundo diseño es mayor al de nuestros resultados.

Según la norma ACI 522 R-10 nos dice que el coeficiente de permeabilidad debe encontrarse entre 0.001 y 10 cm/s. En este caso los coeficientes alcanzados en el concreto permeable con agregado de 1/2" y 3/8" se encuentran dentro de lo establecido por esta norma.

V. CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización de los agregados, obteniendo para el agregado de 1/2" un peso unitario de 1764.34 kg/m³, peso específico de 2690 kg/m³, 0.60 % de contenido de humedad y 2.03 % de capacidad de absorción. Por otro lado, para el agregado de 3/8" se obtuvo un peso unitario de 1463.60 kg/m³, peso específico de 2630 kg/m³, 0.64 % de contenido de humedad y 2.32 % de absorción.

Se realizó el diseño de mezcla del concreto permeable con agregado grueso de 1/2" y 3/8", utilizando para ambos los mismos criterios de diseño que nos brinda la norma ACI 522 R-10. Obteniendo para el agregado de 1/2" la proporción de 1:4.70/17.71 l. mientras que para el agregado de 3/8" se obtuvo la proporción de 1:3.90/17.74 l.

Se determinó la resistencia a la compresión del concreto permeable. Donde se obtuvieron para la mezcla con agregado de 1/2" valores promedios de 87.97, 169.22 y 211.65 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, en cambio, para la mezcla con agregado de 3/8" se obtuvieron valores promedios de 71.91, 108.93 y 133.73 kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. En ambos casos cumple con los parámetros estipulados en la norma ACI 522 R-10, donde se señala que la resistencia a la compresión a los 28 días está entre los valores de 2.8 a 28 MPa. Se determinó la resistencia a la flexión del concreto permeable. Donde se obtuvo para la mezcla de agregado grueso de 1/2" un módulo de rotura promedio de 27.77 kg/cm² a los 28 días de curado, mientras que para la mezcla con agregado grueso de 3/8" se obtuvo un módulo de rotura promedio de 15.16 kg/cm² a los 28 días de curado. En ambos casos se cumple con los parámetros de la norma ACI 522 R-10, ya que están dentro del rango de 10 a 38 kg/cm².

Se determinó la permeabilidad del concreto permeable. Donde se obtuvo para la mezcla con agregado de 1/2" un coeficiente de permeabilidad promedio de 2.417 cm/s a los 28 días de curado. Para la mezcla con agregado de 3/8" se obtuvo un coeficiente de permeabilidad promedio de 1.795 cm/s a los 28 días. Según ACI 522 R-10, el coeficiente de permeabilidad debe estar entre los valores de 0.001 a 10 cm/s. Para ambos casos se cumple con dichos parámetros.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a próximos investigadores utilizar una resistencia de diseño mayor a 210 kg/cm² para elaborar el diseño de mezcla, ya que esto favorecerá en el aumento del porcentaje de cemento a utilizar y por consiguiente mejorar las resistencias del concreto permeable.
- Utilizar agregado fino, pero en cantidades pequeñas para no perder la permeabilidad del concreto permeable y a su vez aumentar las resistencias a la compresión y flexión del agregado
- Tener cuidado al realizar los especímenes de concreto, ya que si se compacta más de lo adecuado se perderá la permeabilidad del concreto permeable, que es la principal característica de ésta.
- Realizar diseños de mezclas con algún tipo de agregado que pueda beneficiar a la resistencia del concreto permeable, y así poder ser utilizado en pavimentos de vías principales y secundarias.

REFERENCIAS

ALSHAREEDAH, Othamn, Nassiri, Somayeh y Chen, Zhao. Field performance evaluation of pervious concrete pavement reinforced with novel discrete reinforcement. Elsevier [en línea]. Junio 2019 [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00231> ISSN: 2214-5095

AMERICAN Concrete Institute (Estados Unidos). ACI 522R-10 Report on Pervious Concrete. Farmington Hills, 2010. 38 pp.

BATEZINI, R. y Balbo, J. Study on the hydraulic conductivity by constant and falling head methods for pervious concrete. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais [en línea]. Mayo 2015. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952015000300002>

ISSN 1983-4195

BECKER, Nayara y Pinheiro, Ivone. Ptencialidade dos pavimentos permeáveis na melhoria da qualidade da agua do escoamento superficial. Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana [en línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2019].

Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193157941017>

ISSN: 2175-3369

BONECELLI, Alessandra. Improving pervious concrete pavements for achieving more sustainable urban roads. Elsevier [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.628>

ISSN: 1877-7058

CASTAÑEDA, Luis y MOUJIR, Yalil. Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. Proyecto de Grado (Título de Ingeniero Civil). Cali: Pontificia Universidad Javeriana, 2014. Disponible en <http://repositorio.ausjal.org/handle/11522/3231>

CASTRO, Javier, Solminihac, Hernán, Videla, Carlos y Fernández, Bonifacio. Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. Revista ingeniería de construcción [en línea]. Diciembre 2009. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2019]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732009000300005>

ISSN: 0718-5073

CHAIÑA, Jorge y VILLANUEVA, Yonn. Diseño de concreto permeable, para pavimentos rígidos, utilizando piedra huso 67 y arena gruesa de la cantera La Poderosa, para la ciudad de Arequipa. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad

Católica de Santa María, 2017. Disponible en <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6038>

CHOQQUE, Hubert y CCANA, Juan. Evaluación de la resistencia a compresión y permeabilidad del concreto poroso elaborado con agregado de las canteras Vicho y Zurite, adicionando aditivo súper plastificante de densidad 1.2 kg/l para una resistencia 210 kg/cm². Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2016. Disponible en <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/710>

COLLANTES, Jordy y ESLAVA, Diego. Influencia del agregado reciclado sobre la compresión, abrasión, asentamiento y permeabilidad en el concreto permeable no estructural. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2018. Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11040>

COSTA, F., Lorenzi, A., Haselbach, L. y Silva, L. Best practices for pervious concrete mix design and laboratory tests. Revista Obracon de Estructura e Materiais [en línea]. Septiembre 2018. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952018000500013> ISSN: 1983-4195

GAEDICKE, Cristian, Marines, Armando, Mata, Luis y Miankodila, Farei. Efecto del uso de materiales reciclados y métodos de compactación en las propiedades mecánicas e índice de reflectancia solar del hormigón permeable. Revista ingeniería de construcción [en línea]. Diciembre 2015. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732015000300001> ISSN: 0718-5073

GONZÁLES, José. Estudio y evaluación de las características físicas y propiedades mecánicas del concreto polimérico permeable para su utilización en proyectos con fines ambientales. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015. Disponible en <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1800/>

GUIZADO, Agneth y CURI, Elvis. Evaluación del concreto permeable como una alternativa para el control de las aguas pluviales en vías locales y pavimentos especiales de la costa noroeste del Perú. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9831>

GUTIERREZ, Eusebio, Rodríguez, Ángel y Jaramillo, Janner. Pavimentos permeables. Una aproximación convergente en la construcción de vialidades urbanas y en la preservación de vialidades urbanas y en la preservación del recurso agua. CIENCIA ergo-sum [en línea]. Julio 2017. [Fecha de consulta: 26 de mayo de 2019].

Disponible en <http://www.redalyc.org/jatsRepo/104/10450491009/index.html>

ISSN: 1405-0269

KHANKHAJE, Elnaz, Rafieizonooz, Mahdi, Razman, Mohd, Mirza, Jahangir, Salmiati y Wrđi Mohd. Comparing the effects of oil palm kernel Shell and cockle Shell on properties of pervious concrete pavement. *International Journal of Paviment Research and Technology* [en línea]. Junio 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.05.003> ISSN: 1996-6814

LOYOLA, Jhordan. Propuesta de un pavimento de concreto permeable $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ para la prolongación Malecón Grau en el Pueblo Joven Florida Baja y Pueblo Florida Alta, Chimbote. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2017. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12226>

LORENZI, Alexandre, Haselbach, Liv, Pinto da Silva, Luiz, Simonetto, Ángelo y Baceło Gabrielle. Thermal profiles in pervious concrete during summer rain simulations. *Matéria* [en línea]. Octubre 2018. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019]

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180003.0504> ISSN: 1517-7076

LUCK, Jhoan y MEDINA, Sthefanny. Diseño de concreto permeable para la conservación vial del pavimento en la Avenida Agustín Gamarra, Huaraz, Ancash. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/30976>

MAGUESVARI, Uma y Narasimba, V. Studies on characterization of pervious concrete for pavement applications. Elsevier [en línea]. Diciembre 2013. [Fecha de consulta: 15 de mayo 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.11.112>

ISSN: 1877-0428

MOHAMMED, Bashar, Shahir, Mohd, Alaloul, Wesam, Khed, C., Yit, Cheah y Adamu, Musa. Properties of nano-silica modified pervious concrete. Elsevier [en línea]. Marzo 2018. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2018.03.009>

ISSN: 2214-5095

PALACIOS, Frank. Diseño de concreto permeable para su aplicación en pavimentos como óptimo sistema de drenaje en distrito de Independencia. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26760>

PAREDES, Deéner. Evaluación de una losa de concreto permeable vaciada In Situ, para su aplicación en la construcción de pavimentos rígidos en la ciudad de Cajamarca. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad nacional de Cajamarca, 2018.

Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2548>

PEREZ, Johan. Influencia de la granulometría del agregado grueso en las propiedades mecánicas e hidráulicas de un concreto permeable. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017.

Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12351>

PILS, S., Oliveira, P., Regoso, F., Paulon, V. y Costella, M. Pervious concrete: study of dosage and polypropylene fibers addiction. Revista IBRACON de Estructuras e Materials [en línea]. Enero 2019. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-41952019000100009>

ISSN: 1983-4195

RANGELOV, Milena, Nassiri, Somayeh, Chen, Zhao, Russel, Mark y Uhlmeyer, Jeffery. Quality evaluation tests for pervious concrete pavements placement. International Journal of Pavement Research and Technology [en línea]. Febrero 2017. [Fecha de consulta: 03 de mayo de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.01.007> ISSN: 1996-6814

RIBEIRO, A., Dos Santos, V., Pagnussat, D. y Brandalise, R. Assessment of a system for the prediction of wáter permeability coefficient in pervious concretes. Cerâmica [en línea]. Octubre 2018. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132018643722445>

ISSN: 1678-4553

SANDOVAL, Gersson, Comparison between the falling head and the constant head permability tests to assess the permeability coefficient of sustainable pervious concretes. Elsevier [en línea]. Septiembre 2017 [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.09.001> ISSN: 2214-5095

SILVA, Rosita. Concreto permeable como propuesta sostenible para mejorar el sistema de drenaje pluvial de la vía Blas De Atienza en Piura. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.12692/725>

TAVARES, L. y Kazmierczak, C. The influence of recycled concrete aggregates in pervious concrete. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais [en línea]. Enero 2016. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2019].

Disponible en <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952016000100006>

ISSN: 1983-4195

TUXWORTH, John. Permeable Concrete Pavements: a-state-of-the-art report [en línea]. Built Environment Collective. (Septiembre, 2015). [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://becollective.net/wp-content/uploads/2015/09/Permeable-Concrete-Pavements-A-State-Of-The-Art-Report.pdf>

ULLOA, Vivian, Uribe, Manuel. Paz, Diego, Alvarado, Yezid, Torres, Benjamin y Gasch, Isabel. Performance of pervious concrete containing combined recycled aggregates. Ingeniería e investigación [en línea]. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 03 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64358073005>

ISSN: 0120-5609

VÉLEZ, Ligia. Permeabilidad y Porosidad en Concreto. TecnoLógicas [en línea]. Diciembre 2010. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2019].

Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=344234320010>

ISSN: 0123-7799

VIGIL, Marlon. Diseño, proceso constructivo y evaluación post construcción de un pavimento rígido de concreto permeable. Tesis (Título de Ingeniería Civil). El Salvador: Universidad de El Salvador, 2012.

Disponible en <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3929/>

ANEXOS

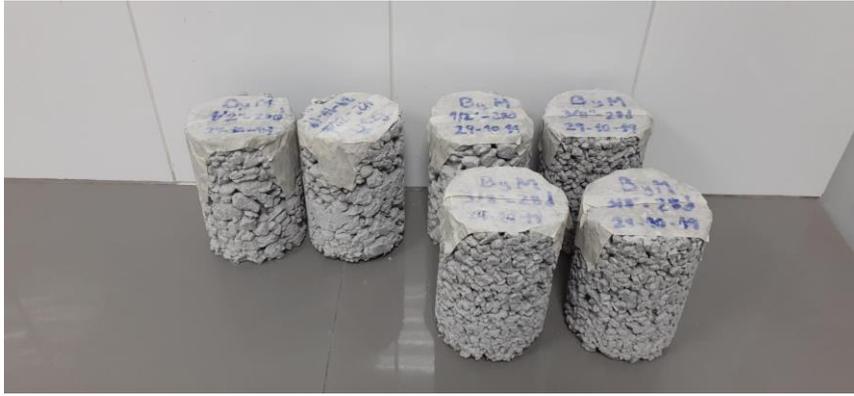
PANEL FOTOGRAFICO



Ensayo de asentamiento del concreto permeable



Elaboración de especímenes de concreto



Especímenes de concreto permeable para ser ensayados a permeabilidad



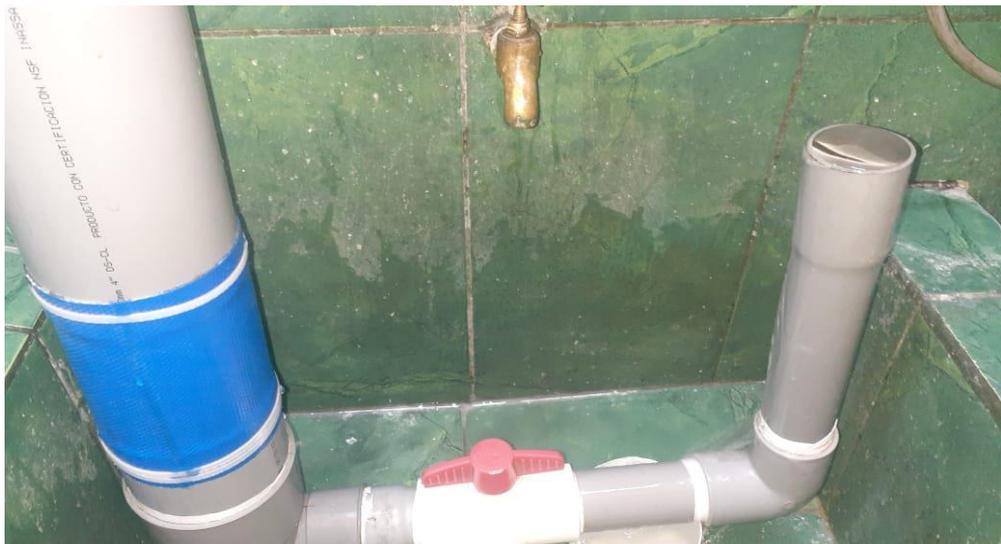
Especímenes de concreto permeable para ser ensayados a compresión y flexión



Ensayo a la compresión del concreto permeable con gradación de 1/2" y 3/8"



Ensayo a flexión del concreto permeable con gradación de 1/2" y 3/8"



Ensayo de permeabilidad con gradación de 1/2" y 3/8

Análisis granulométrico de agregado de 1/2"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / GRAVA 1/2" / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

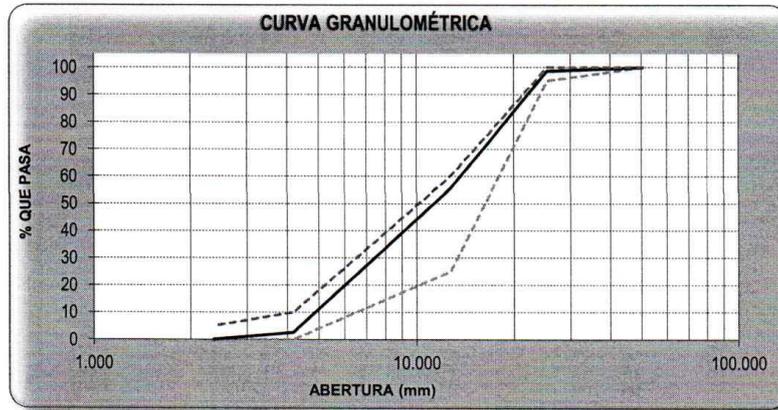
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 2000.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 1998.70

Peso de muestra en el plato : 1.30

Tamias ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.60%
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de Finura
1 plg	25.400	26.40	1.32	1.32	98.68	95 - 100	
3/4 plg	19.050	162.70	8.14	9.46	90.55		Tamaño Máximo
1/2 plg	12.700	699.70	34.99	44.44	55.56	25 - 60	
3/8 plg	9.525	449.00	22.45	66.89	33.11		Tamaño Máximo Nominal
No4	4.178	609.40	30.47	97.36	2.64	0 - 10	
8	2.360	51.50	2.58	99.94	0.06	0 - 5	
PLATO		1.30	0.06	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Contenido de humedad de agregado de
1/2"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / GRAVA 1/2' / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.02	50.89	52.00
Peso del tarro + suelo humedo (g)	163.12	170.42	159.34
Peso del tarro + suelo seco (g)	162.49	169.69	158.68
Peso del suelo seco (g)	111.47	118.80	106.68
Peso del agua (g)	0.63	0.73	0.66
% de humedad (%)	0.57	0.61	0.62
% de humedad promedio (%)	0.60		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Peso específico y absorción de agregado de 1/2"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C 127

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A°G° / GRAVA 1/2° / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	3426.50	3435.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3496.00	3505.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	2194.20	2202.00
Peso específico de masa (P _{em})	2.63	2.64
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS})	2.69	2.69
Peso específico aparente (P _{ea})	2.78	2.79
Absorción (%)	2.03	2.04
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em})	2.63	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (P _{eSSS})	2.69	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea})	2.78	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.03	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Peso unitario y vacíos de agregado de
1/2"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / A'G' / GRAVA 1/2" / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm3)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	25159.00	25933.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	16576.00	17350.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.607	1.682
Contenido de Humedad (%)	0.60%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.607	1.682
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.645	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1644.56	
% de Vacíos	37.57%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS ASTM C-29	
PROYECTO	: EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
SOLICITANTE	: BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
RESPONSABLE	: ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN	: TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA	: OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA	: C-X / A'G' / GRAVA 1/2' / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO		
Método compactado por apisonado		
Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	26667.00	26896.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	18084.00	18313.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.753	1.776
Contenido de Humedad (%)	0.60%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.753	1.775
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.764	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1764.34	
% de Vacíos	33.02%	




 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Análisis granulométrico de agregado de 3/8"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136**

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / GRAVA 3/8' / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

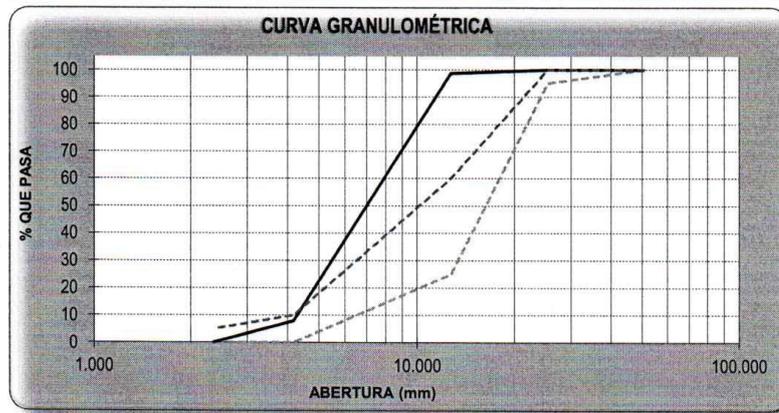
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 2000.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 1998.30

Peso de muestra en el plato : 1.70

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.64%
2 plg	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de Finura
1 plg	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	
3/4 plg	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		6.03
1/2 plg	12.700	25.20	1.26	1.26	98.74	25 - 60	Tamaño Máximo
3/8 plg	9.525	205.10	10.26	11.52	88.49		
No4	4.178	1611.00	80.55	92.07	7.94	0 - 10	1/2 plg
8	2.360	157.00	7.85	99.92	0.09	0 - 5	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		1.70	0.09	100.00	0.00		
Total		2000.00	100.00				3/8 plg = 9.53 mm



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Contenido de humedad de agregado de
3/8"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / A*G* / GRAVA 3/8* / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.65	50.38	51.36
Peso del tarro + suelo humedo (g)	148.91	135.94	141.99
Peso del tarro + suelo seco (g)	148.26	135.39	141.43
Peso del suelo seco (g)	97.61	85.01	90.07
Peso del agua (g)	0.65	0.55	0.56
% de humedad (%)	0.67	0.65	0.62
% de humedad promedio (%)	0.64		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Peso específico y absorción de agregado de 3/8"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C 127

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A"G" / GRAVA 3/8" / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2959.90	3030.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	3029.00	3100.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1880.80	1920.00
Peso específico de masa (P _{em})	2.58	2.57
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS})	2.64	2.63
Peso específico aparente (P _{ea})	2.74	2.73
Absorción (%)	2.33	2.31
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em})	2.57	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (P _{eSSS})	2.63	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea})	2.74	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.32	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Peso unitario y vacíos de agregado de
3/8"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / A*G* / GRAVA 3/8* / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	22153.00	22117.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	13570.00	13534.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.316	1.312
Contenido de Humedad (%)	0.64%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.316	1.312
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.314	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1313.86	
% de Vacíos	48.93%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / GRAVA 3/8" / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm3)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	23615.00	23744.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	15032.00	15161.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.457	1.470
Contenido de Humedad (%)	0.64%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.457	1.470
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.464	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1463.60	
% de Vacíos	43.11%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000, Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Diseño de mezcla de concreto
permeable con agregado de 1/2"

A) Características de los materiales

- Agregado grueso de 1/2" (Características Tabla 1)
- Cemento Portland Tipo I (Peso específico: 3100 kg/m³)
- Agua potable (Peso específico: 1000 kg/m³)

B) Determinación de la relación agua / cemento

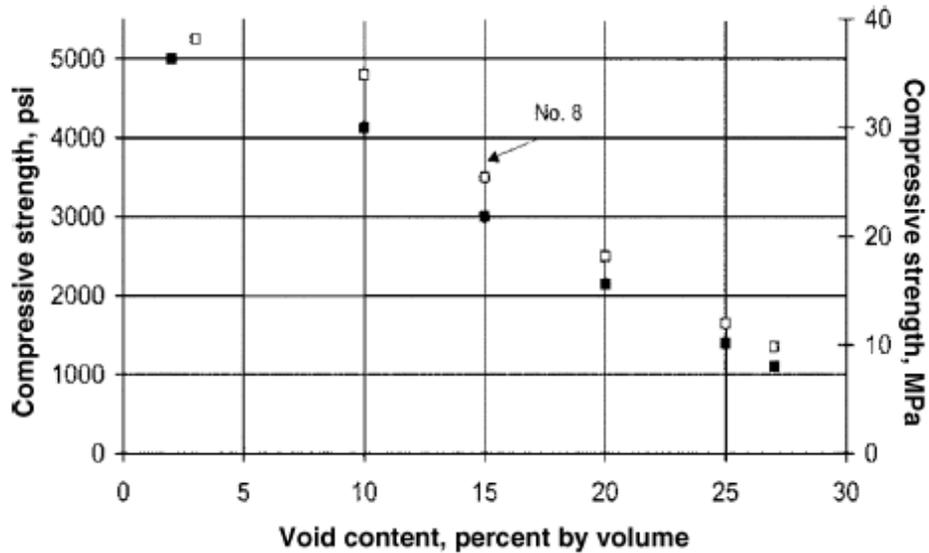
Según el ACI 522 R-10, la relación a/c óptima para formar una pasta estable y trabajable varía entre 0.25 y 0.45.

Según antecedentes, el valor de a/c que se va a considerar para el presente diseño será de:

$$a/c = 0.35$$

C) Determinación del porcentaje de vacíos

Para poder determinar el porcentaje de vacíos o la porosidad del concreto permeable se hará uso de la siguiente figura:

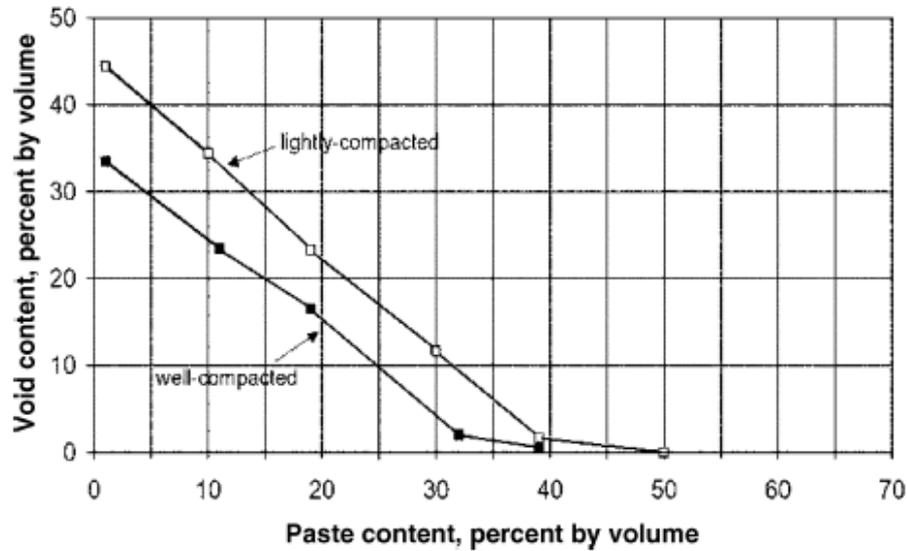


Para el siguiente diseño se va a considerar un porcentaje de vacíos de:

$$\% \text{ de vacíos} = 15\%$$

D) Determinación del volumen de pasta

Para poder determinar el volumen de pasta del concreto permeable se hará uso de la siguiente figura:



Una vez definido el porcentaje de vacíos, se procedió a determinar el contenido de pasta, todo esto según la compactación que se realizara. En nuestro diseño se contemplará una compactación leve, puesto que se desea obtener una permeabilidad óptima.

$$\text{Volumen de pasta} = 25\%$$

E) Determinación del valor de b/b_o

Para poder determinar el valor del volumen varillado seco de agregado grueso en un volumen unitario de concreto (b/b_o), se hizo uso de la siguiente figura:

Percent fine aggregates	b/b_o	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	ASTM C33/C33M Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Para poder determinar el valor de b/b_o se tuvo en cuenta el porcentaje de agregado fino que se desea utilizar en el diseño de la mezcla de concreto permeable, para este diseño no se utilizara agregado fino.

$$b/b_o = 0.99$$

F) Determinación del peso del agregado grueso

1. Peso del agregado grueso (PAG):

$$b/b_o = \frac{PAG}{PUSC \text{ de agregado}} \dots \text{(ecuación 1)}$$

Despejando:

$$PAG = b/b_o * PUSC \text{ de agregado} * 1m^3 \dots \text{(ecuación 2)}$$

2. Peso unitario seco compactado (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC \text{ (kg/m}^3\text{)}}{(1 + \% \text{ de humedad})} \dots \text{(ecuación 3)}$$

Entonces:

$$PUSC = \frac{1764.34}{(1 + 0.60 \%)} = 1753.82 \text{ kg/m}^3$$

3. Peso del agregado grueso seco (PAG):

Reemplazando en (2):

$$PAG = 0.99 * 1753.82 * 1m^3 = 1736.28 \text{ kg}$$

4. Ajuste por absorción (s.s.s.):

$$PAG \text{ (s. s. s.)} = PAG * (1 + \% \text{ de absorción}) \dots \text{(ecuación 4)}$$

Entonces:

$$PAG \text{ (s. s. s.)} = 1736.28 * (1 + 2.03 \%) = 1771.53 \text{ kg}$$

5. Restando el porcentaje que ocupara el agregado fino:

En este caso no se utilizará agregado fino

G) Contenido de cemento y agua

1. Determinar el volumen de pasta

$$V. P. = \frac{C}{Pec} + \frac{A}{Pea} \dots \text{(ecuación 5)}$$

Reemplazando en (5):

$$V. P. = \frac{C}{3100} + \frac{0.35 * C}{1000}$$

Despejando:

$$C = 371.70 \text{ kg}$$

2. Determinar agua de diseño

$$A = 0.35 * C \dots \text{(ecuación 6)}$$

Reemplazando:

$$A = 0.35 * 371.70 = 130.10 \text{ kg}$$

H) Corregir por humedad y absorción

1. Calcular agua efectiva

Adición de agua = (% de absorción - % de humedad) * AG ... (ecuación 5)

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = (2.03 \% - 0.60 \%) * 1736.28 = 24.82 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = 130.10 + 24.82 = 154.92 \text{ l}$$

2. Corregir por humedad

C.H. = PAG + (PAG * % de humedad) ... (ecuación 5)

Reemplazando:

$$\text{C.H.} = 1736.28 + (1736.28 * 0.60 \%) = 1746.70 \text{ kg}$$

Diseño de mezcla de concreto
permeable con agregado de 3/8"

A) Características de los materiales

- Agregado grueso de 3/8" (Características Tabla 1)
- Cemento Portland Tipo I (Peso específico: 3100 kg/m³)
- Agua potable (Peso específico: 1000 kg/m³)

B) Determinación de la relación agua / cemento

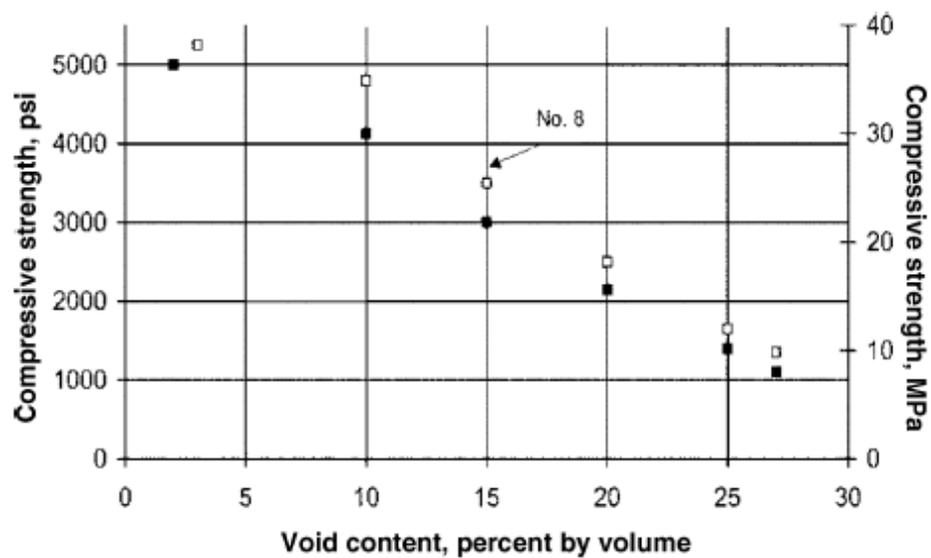
Según el ACI 522 R-10, la relación a/c óptima para formar una pasta estable y trabajable varía entre 0.25 y 0.45.

Según antecedentes, el valor de a/c que se va a considerar para el presente diseño será de:

$$a/c = 0.35$$

C) Determinación del porcentaje de vacíos

Para poder determinar el porcentaje de vacíos o la porosidad del concreto permeable se hará uso de la siguiente figura:

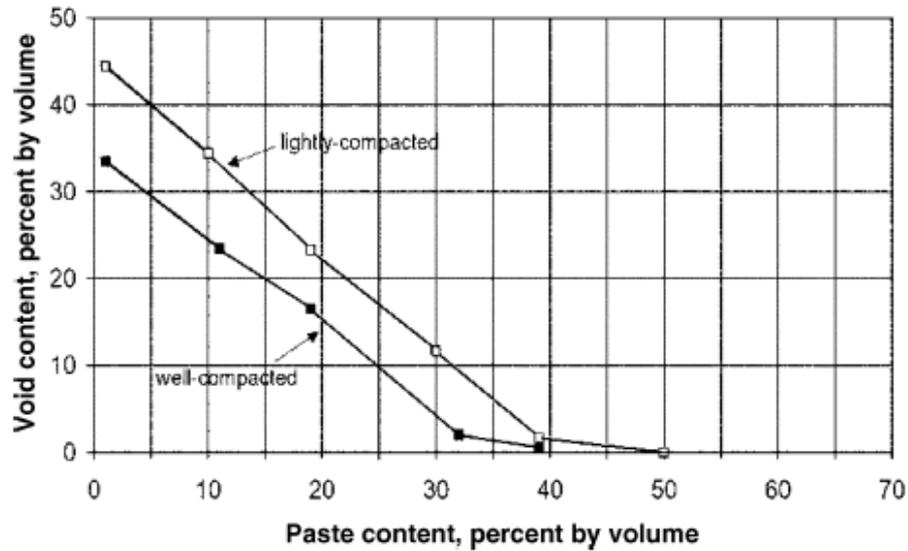


Para el siguiente diseño se va a considerar un porcentaje de vacíos de:

$$\% \text{ de vacíos} = 15\%$$

D) Determinación del volumen de pasta

Para poder determinar el volumen de pasta del concreto permeable se hará uso de la siguiente figura:



Una vez definido el porcentaje de vacíos, se procedió a determinar el contenido de pasta, todo esto según la compactación que se realizara. En nuestro diseño se contemplará una compactación leve, puesto que se desea obtener una permeabilidad óptima.

$$\text{Volumen de pasta} = 25\%$$

E) Determinación del valor de b/b_o

Para poder determinar el valor del volumen varillado seco de agregado grueso en un volumen unitario de concreto (b/b_o), se hizo uso de la siguiente figura:

Percent fine aggregates	b/b_o	
	ASTM C33/C33M Size No. 8	ASTM C33/C33M Size No. 67
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

Para poder determinar el valor de b/b_o se tuvo en cuenta el porcentaje de agregado fino que se desea utilizar en el diseño de la mezcla de concreto permeable, para este diseño no se utilizara agregado fino.

$$b/b_o = 0.99$$

F) Determinación del peso del agregado grueso

1. Peso del agregado grueso (PAG):

$$b/b_o = \frac{PAG}{PUSC \text{ de agregado}} \dots \text{(ecuación 1)}$$

Despejando:

$$PAG = b/b_o * PUSC \text{ de agregado} * 1m^3 \dots \text{(ecuación 2)}$$

2. Peso unitario seco compactado (PUSC):

$$PUSC = \frac{PUC \text{ (kg/m}^3\text{)}}{(1 + \% \text{ de humedad})} \dots \text{(ecuación 3)}$$

Entonces:

$$PUSC = \frac{1463.60}{(1 + 0.64 \%)} = 1454.29 \text{ kg/m}^3$$

3. Peso del agregado grueso seco (PAG):

Reemplazando en (2):

$$PAG = 0.99 * 1454.29 * 1m^3 = 1439.75 \text{ kg}$$

4. Ajuste por absorción (s.s.s.):

$$PAG \text{ (s. s. s.)} = PAG * (1 + \% \text{ de absorción}) \dots \text{(ecuación 4)}$$

Entonces:

$$PAG \text{ (s. s. s.)} = 1439.75 * (1 + 2.32 \%) = 1473.15 \text{ kg}$$

5. Restando el porcentaje que ocupará el agregado fino: En este caso no se utilizará agregado fino

G) Contenido de cemento y agua

1. Determinar el volumen de pasta

$$V. P. = \frac{C}{Pec} + \frac{A}{Pea} \dots \text{(ecuación 5)}$$

Reemplazando en (5):

$$V. P. = \frac{C}{3100} + \frac{0.35 * C}{1000}$$

Despejando:

$$C = 371.70 \text{ kg}$$

2. Determinar agua de diseño

$$A = 0.35 * C \dots \text{(ecuación 6)}$$

Reemplazando:

$$A = 0.35 * 371.70 = 130.10 \text{ kg}$$

H) Corregir por humedad y absorción

1. Calcular agua efectiva

Adición de agua = (% de absorción - % de humedad) * AG ... (ecuación 5)

Reemplazando:

$$\text{Adición de agua} = (2.32 \% - 0.64 \%) * 1439.75 = 24.18 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el agua efectiva:

$$\text{Agua efectiva} = 130.10 + 24.18 = 154.28 \text{ l}$$

2. Corregir por humedad

C.H. = PAG + (PAG * % de humedad) ... (ecuación 5)

Reemplazando:

$$\text{C.H.} = 1439.75 + (1439.75 * 0.64 \%) = 1448.96 \text{ kg}$$

Ensayo de resistencia a la compresión
para cilindros de concreto permeable
con agregado de 1/2"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	08/11/2019	7	33543.29	15215.00	176.72	86.10	87.97
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	08/11/2019	7	35075.50	15910.00	176.72	90.03	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	08/11/2019	7	34193.66	15510.00	176.72	87.77	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL									
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE				

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
	7	70
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	15/11/2019	14	63975.87	29019.00	176.72	164.21	169.23
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	15/11/2019	14	66568.50	30195.00	176.72	170.87	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	01/11/2019	15/11/2019	14	67240.91	30500.00	176.72	172.59	
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS		EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	29/10/2019	26/11/2019	28	77748.13	35266.00	167.42	210.65	211.65
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	29/10/2019	26/11/2019	28	88149.53	39984.00	188.69	211.90	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 1/2"	29/10/2019	26/11/2019	28	83852.72	38035.00	179.08	212.39	
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE				

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Ensayo de resistencia a la compresión
para cilindros de concreto permeable
con agregado de 3/8"



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	05/11/2019	7	28133.16	12761.00	176.72	72.21	71.91
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	05/11/2019	7	27917.10	12683.00	176.72	71.66	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	05/11/2019	7	27998.67	12700.00	176.72	71.87	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL									
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS					EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE				

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
	7	70
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	30/10/2019	13/11/2019	14	42511.69	19283.00	176.72	109.12	108.93
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	30/10/2019	13/11/2019	14	42194.22	19139.00	176.72	108.30	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	30/10/2019	13/11/2019	14	42610.90	19328.00	176.72	109.37	
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS		EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
	7	70
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : EVALUACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE PARA SU USO COMO PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CIUDAD DE TRUJILLO
 SOLICITANTE : BACILIO ÁNGELES, PIERO - MÉNDEZ MERINO, RICARDO
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	RESISTENCIA PROMEDIO Kg/cm ²
		Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	26/11/2019	28	51843.84	23516.00	176.72	133.07	133.73
02	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	26/11/2019	28	52311.22	23728.00	176.72	134.27	
03	PAVIMENTO RÍGIDO AGREGADO GRUESGO 3/8"	29/10/2019	26/11/2019	28	52141.47	23651.00	176.72	133.84	
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS		EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Ensayo de resistencia a la flexión para vigas de concreto permeable



INFORME N°1/DIC19

Solicita : Bacilio Angeles Gean Piero - 74959753
Mendez Merino Ricardo - 77241131

Institución : Universidad Privada Cesar Vallejo

Nombre del proyecto : Evaluación del concreto permeable para su uso como pavimento rígido en la ciudad de Trujillo

Muestreo realizado por: El solicitante

Fecha de recepción : 09/12/2019

MUESTRA

Espécimen : Viga rectangular

Dimensiones : 150 mm ancho x 150 mm de altura x 600 mm largo

Aplicación de norma : Resistencia a la Flexo tracción del concreto método de la viga simple cargada en los tercios de la luz MTC E 709/ASTM C78/AASHTO T 97

Nº de especímenes : 03 vigas de 1/2"
03 vigas de 3/8"

Edad del espécimen : -

PARÁMETROS DEL EQUIPO

Equipo: Flexión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%, velocidad de carga 0.050 KN/seg



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123506

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 10 de diciembre del 2019



INFORME N°1/DIC19

MUESTRA:

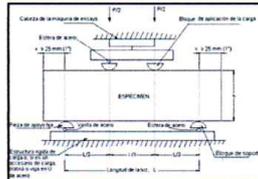


Figura 1: Esquema adecuado para flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz

CÁLCULOS:

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{pl}{bd^2}$$

Donde:

- R = módulo de rotura (N/mm²)
- p = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (N)
- l = longitud libre entre apoyos (mm)
- b = ancho promedio de la muestra (mm)
- d = altura promedio de la muestra (mm).

RESULTADOS:

N° de muestras	Código	Fuerza (KN)
1	1/2 "	17.36
2	1/2 "	23.13
3	1/2 "	23.25
4	3/8 "	12.24
5	3/8 "	13.05
6	3/8 "	9.31

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 10 de diciembre del 2019

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Ensayo de permeabilidad para
cilindros de concreto permeable con
agregado de 1/2"

Para obtener la permeabilidad del concreto permeable nos basamos en la norma ACI 522 R-10 haciendo uso de la siguiente formula:

$$K = \frac{L * a}{t * A} * \ln \left(\frac{h1}{h2} \right)$$

Dónde:

- ✓ K es el coeficiente de permeabilidad en cm/s
- ✓ L es la longitud de la muestra en cm
- ✓ a es el área de la tubería de carga en cm²
- ✓ A es el área de la muestra en cm²
- ✓ h1 es la altura del agua medida desde la parte superior de la muestra
- ✓ h2 es la altura de la salida del agua medida desde la parte superior de la muestra

Descripción	1	2	3	Unidad
L	15.00	15.00	15.00	cm
A	78.54	78.54	78.54	cm ²
a	78.54	78.54	78.54	cm ²
h1	25.50	25.50	25.50	cm
h2	2.50	2.50	2.50	cm
t	14.67	14.82	13.80	s
Ln	2.3224	2.3224	2.3224	
k	2.375	2.351	2.524	cm/s
k promedio	2.417			cm/s

Ensayo de permeabilidad para
cilindros de concreto permeable con
agregado de 3/8"

Para obtener la permeabilidad del concreto permeable nos basamos en la norma ACI 522 R-10 haciendo uso de la siguiente formula:

$$K = \frac{L * a}{t * A} * \ln \left(\frac{h1}{h2} \right)$$

Dónde:

- ✓ K es el coeficiente de permeabilidad en cm/s
- ✓ L es la longitud de la muestra en cm
- ✓ a es el área de la tubería de carga en cm²
- ✓ A es el área de la muestra en cm²
- ✓ h1 es la altura del agua medida desde la parte superior de la muestra
- ✓ h2 es la altura de la salida del agua medida desde la parte superior de la muestra

Descripción	1	2	3	Unidad
L	15.00	15.00	15.00	cm
A	78.54	78.54	78.54	cm ²
a	78.54	78.54	78.54	cm ²
h1	25.50	25.50	25.50	cm
h2	1.00	2.50	2.50	cm
t	26.20	19.07	20.46	s
Ln (h1/h2)	3.2387	2.3224	2.3224	
k	1.854	1.827	1.703	cm/s
k promedio	1.795			cm/s