



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

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO PROFESIONAL
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
(Proyecto Profesional)

**“DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO
DEL RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y
DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN, 2019”**

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR (es):

BACH. ARAUJO MEGO HELDER

BACH. ROMAN CORDOVA DARWIN MIJAEL

ASESOR:

M. Sc. Ing. CALEB RIOS VARGAS

Tarapoto – San Martín – San Martín – Perú

2019

DEDICATORIA

A mis Padres:

Aladino y lidia, siempre me apoyaron en todo momento, inculcándome muy buenos valores para realizarme como profesional, nunca desistir en el camino y recibir siempre la fortaleza de Dios.

A mis Hermanos:

Roy, German y Janeth, quienes con su paciencia y comprensión estuvieron siempre alentándome en mi vida universitaria.

A mi hija Daniela.

Que has sido una gran bendición en mi vida te dedico este logro, porque sé que un día leerás este documento y sé que te servirá de motivación y orgullo. Te quiero mucho hija y ánimo.

Bach. Ing. Helder Araujo Mego

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico:

A mis queridos padres y hermanos (as) por su gran apoyo amor y comprensión, porque me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter para lograr mis metas.

Bach. Ing. Darwin Román Córdova

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, doy gracias a Dios, por haberme dado la fuerza y voluntad para culminar esta etapa de mi vida profesional.

A mi padre y mi madre por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás.

A mis hermanos que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida universitaria.

Al Ing. Caleb Ríos Vargas, por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este informe de ingeniería.

Bach. Ing. Helder Araujo Mego

A Dios por haberme permitido lograr mis objetivos dándome inteligencia, amor y salud y porque siempre me guía en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis padres Genaro y María Florentina quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis amigos que de alguna manera contribuyeron para que mis metas y objetivos se hicieran realidad.

De manera especial a mi asesor, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Bach. Ing. Darwin Román Córdova



PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

**FACULTAD
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Con Resolución Decanal N° 568 -2019- UCP - FCEI del 11 de julio de 2019, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- Ing. Carmen Patricia Cerdeña Del Aguila, Dr. Presidente
- Ing. Luis Paredes Aguilar, M.Sc. Miembro
- Ing. Luz Claudia Navarro Del Águila, Mtra. Miembro

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 09:00 am, del día sábado 20 de julio de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional:

“DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RÍO HUALLAGA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE SAN MARTÍN, 2019”

Presentado por los sustentantes:

HELDER ARAUJO MEGO Y DARWIN MIJAEI ROMAN CÓRDOVA.

Asesor: Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.

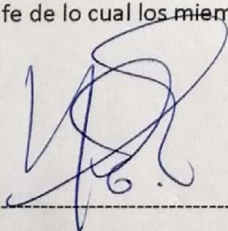
Como requisito para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil.**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron:..... Abuellos

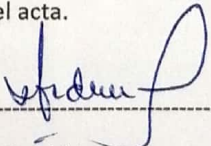
El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Por lo que la Sustentación es: Aprobado por mayoría

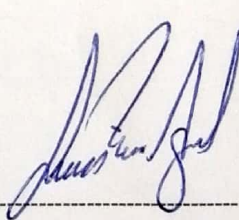
En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.



Miembro



Presidente

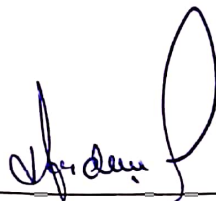


Miembro


CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 – 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 – 15
	Desaprobado (a)	: 00 – 12

APROBACIÓN

Trabajo de suficiencia profesional sustentada en acto público el día 11 de Julio
a las 9:00 am Del 2019.



Ing. CARMEN PATRICIA CERDEÑA DEL AGUILA, Dra.
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. LUIS PAREDES AGUILAR, M.Sc.
MIEMBRO DEL JURADO



Ing. LUZ CLAUDIA NAVARRO DEL ÁGUILA, Mtra.
MIEMBRO DEL JURADO



M SCING° CALEB RÍOS VARGAS
ASESOR

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.1. OBJETIVOS	- 3 -
1.1.1. Objetivo general.....	- 3 -
1.1.2. Objetivos específicos.....	- 3 -
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	- 4 -
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	- 4 -
2.1.1. Antecedente Internacional	- 4 -
2.1.2. Antecedente Nacional.....	- 5 -
2.2. BASES TEÓRICAS	- 6 -
2.2.1. Concreto	- 6 -
2.2.2. Concreto Permeable	- 6 -
2.2.3. Materiales	- 7 -
2.2.4. Criterios Para el Diseño de Mezclas del Concreto Permeable .	- 12 -
2.2.5. Procedimiento de Proporción del Concreto Permeable	- 16 -
2.2.6. Compactación.....	- 18 -
2.2.7. Curado	- 19 -
2.2.8. Resistencia a la Compresión	- 19 -
2.2.9. Permeabilidad e Infiltración	- 23 -
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	- 25 -
2.3.1. Concreto Permeable.....	- 25 -
2.3.2. Revenimiento.....	- 25 -
2.3.3. Resistencia a la Compresión	- 26 -
2.3.4. Permeabilidad e Infiltración	- 26 -
2.3.5. Aditivo	- 26 -
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, MATERIALES Y MÉTODOS	- 28 -
3.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN ..	- 28 -
3.1.1. Población de estudio	- 29 -
3.1.2. Muestra.....	- 29 -
3.1.3. Unidad de análisis	- 31 -
3.1.4. Ubicación geográfica donde se realiza la investigación.....	- 31 -
3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE	- 32 -
3.2.1. Materiales a utilizar	- 32 -

3.2.2.	Equipos a utilizar	- 32 -
3.2.3.	Determinación de las características físicas del agregado grueso ..	- 33 -
3.2.4.	Cemento	- 38 -
3.2.5.	Agua	- 38 -
3.2.6.	Diseño de mezcla	- 38 -
3.2.7.	Mezclado de los materiales	- 40 -
3.2.8.	Vaciado y compactación del concreto permeable en los moldes cilíndricos.....	- 40 -
3.2.9.	Curado.....	- 41 -
3.3.	Análisis de datos	- 42 -
3.3.1.	Análisis de datos referentes a la resistencia a la compresión ..	- 42 -
3.3.2.	Análisis de datos referente a la permeabilidad	- 44 -
3.3.3.	Resumen de datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión e infiltración del concreto permeable.....	- 46 -
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		- 47 -
4.1.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	- 47 -
4.2.	PERMEABILIDAD	- 47 -
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		- 49 -
5.1.	CONCLUSIONES	- 49 -
5.2.	RECOMENDACIONES	- 50 -
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 51 -
VII. ANEXOS.....		- 54 -

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos típicos de las cantidades de los materiales en el concreto permeable (Tennis et al, citado por Pérez 2009).	- 13 -
Tabla 2. Valores efectivos de b/b0 (ACI 211.3R, citado por Pérez 2009).	- 16 -
Tabla 3. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación.....	- 28 -
Tabla 5. Coordenadas UTM donde se realizara el estudio.....	- 31 -
Tabla 6. Coordenadas UTM del centro de acopio del agregado grueso a utilizar....	- 31 -
Tabla 7. Cálculo del peso específico y absorción del agregado (ASTM C 127).....	- 34 -
Tabla 8. Peso unitario sin compactar del agregado grueso (ASTM C – 29)	- 36 -
Tabla 9. Peso unitario compactado del agregado grueso (ASTM C – 29).....	- 37 -
Tabla 10. Humedad natural del agregado grueso (ASTM C – 70).....	- 37 -
Tabla 11. Materiales para 1 m3 de concreto permeable.	- 40 -
Tabla 12. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7 días.....	- 42 -
Tabla 13. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 14 días.....	- 43 -
Tabla 14. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 28 días.....	- 44 -
Tabla 15. Resultado de las pruebas de permeabilidad en el concreto permeable...-	45 -
Tabla 16. Datos ordenados de forma creciente de los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad.	- 46 -
Tabla 17. Resistencias promedios del concreto permeable a los 7, 14 y 28 días.	- 47 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La estructura vacía del concreto permeable permite el paso fácil de agua de lluvia. (NRMCA, citado por Pérez 2009).....	6 -
Figura 2. Ejemplos de concretos permeables con diferentes contenidos de agua, formados en una pelota: (a) muy poca agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) Mucha agua. Fuente: Pervious Concrete Pavements (Paul D. Tennis).....	14 -
Figura 3. Permeámetros de carga constante típico (a) y utilizando un recipiente ampliado (b).....	24 -
Figura 4. Vista satelital del lugar de acopio del agregado grueso del rio Huallaga. .	32 -
Figura 5. Se observa la problemática que tiene la playa de estacionamiento de la Universidad Científica del Perú durante las precipitaciones pluviales.	55 -
Figura 6. Agregado grueso almacenado después de ser extraído y procesado, de la cantera de Buenos Aires del rio Huallaga.	55 -
Figura 7. Selección del agregado grueso de 1/4", 1/2" y 3/8" que serán usados en nuestro diseño de mezcla de concreto permeable.	56 -
Figura 8. Pesado de muestra del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad.....	56 -
Figura 9. Colocación de la muestra de agregado grueso ensayo de contenido de humedad en el horno a temperatura 110 +5 °C.	57 -
Figura 10. Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.	57 -
Figura 11. Ensayos de peso unitario suelto.	58 -
Figura 12. Tamizado del agregado grueso, ensayo de granulometría.....	58 -
Figura 13. Ensayo de gravedad especifica del agregado.....	59 -
Figura 14. Pesado del agregado grueso para la elaboración de probetas.....	59 -
Figura 15. Preparación de la mezcla de concreto agregando agua, agregado grueso y cemento portland tipo I.	60 -
Figura 16. Ensayo de revenimiento del concreto (slump test) para medir la trabajabilidad del concreto en estado fresco.	60 -
Figura 17. Llenado del concreto en los moldes de probeta para posteriormente realizar el curado.....	61 -
Figura 18. Curado de los testigos de concreto permeable durante 7 y 14 días.	61 -
Figura 19. Peso del testigo de concreto permeable antes de ser sometido a la prueba de resistencia a la compresión.....	62 -
Figura 20. Prueba de resistencia a la compresión de los testigos de concreto permeable.....	62 -
Figura 21. Datos arrojados del ensayo de resistencia a la compresión.....	63 -

Figura 22. Materiales utilizados en la prueba de infiltración.- 63 -
Figura 23. Humedeciendo el testigo de concreto permeable antes de realizar el ensayo de infiltración.- 64 -
Figura 24. Realizando del ensayo de infiltración y tomando datos obtenidos según la norma ASTM C 1701.- 64 -

ÍNDICE DE GRAFICAS

Gráfica 1. Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado N° 8 (3/8") (ACI 211.3R citado por Pérez 2009).	- 18 -
Gráfica 2. Resistencia a la compresión a los 7 días.	- 42 -
Gráfica 3. Resistencia a la compresión a los 14 días.	- 43 -
Gráfica 4. Resistencia a la compresión a los 28 días.	- 44 -
Gráfica 5. Permeabilidad del concreto medida a los 28 días.	- 45 -

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se diseñó un concreto permeable con agregado grueso del río Huallaga. Se evaluó la permeabilidad y la resistencia a la compresión del concreto permeable. Se realizó el diseño de mezcla del concreto permeable con 15% de vacíos según la norma ACI 522R-10, se evaluó una muestra de concreto permeable, para los ensayos a compresión y se elaboró 4 probetas las cuales fueron ensayadas a los 7, 14 Y 28 días de curado según la norma ASTM C 39; ensayando un total de 12 probetas, para el ensayo de infiltración del concreto se elaboró 1 panel según la norma ASTM C 1701.

Se analizó la capacidad estructural del concreto permeable, midiendo su resistencia a la compresión. Luego, se compararon los resultados con los requerimientos para la capa de rodadura en vías locales y pavimentos especiales de acuerdo a la CE. 010 Pavimentos Urbanos y a las normas ACI. Para que pueda ser utilizado en sistemas de drenaje pluvial, se identificó las precipitaciones pluviales de la ciudad de Tarapoto. De esta base de datos, se estudió las máximas precipitaciones registradas y se estableció requisitos de permeabilidad. En el diseño de mezclas de un concreto permeable se han tomado el porcentaje de vacíos y el tipo de agregado grueso (forma y tamaño máximo). El ensayo de permeabilidad se realizó en un concreto permeable endurecido de acuerdo a lo sugerido por el ACI 522R-10.

A continuación en laboratorio, siguiendo los procedimientos de la norma se han moldeado y curado probetas para luego de 7, 14 y 28 días ensayarlas a compresión y permeabilidad obteniendo resultados donde la resistencia promedio es de 9.022 MPa, 10.003 MPa y 15.593 MPa respectivamente, que está dentro del rango de 2.8 MPa a 28 MPa que especifica la norma ACI 522R-10 y la permeabilidad medida a través de su coeficiente de permeabilidad promedio es de 0.499 cm/s que está dentro del rango de 0.2 cm/s a 0.54 cm/s que también establece la norma antes mencionada.

Palabras Clave: Concreto permeable, resistencia a la compresión, permeabilidad.

ABSTRACT

In this research work, a permeable concrete with thick aggregate from the Huallaga river was designed. Permeability and compressive strength of permeable concrete were evaluated. The mixing design of the permeable concrete with 15% of voids was carried out according to the ACI 522R-10 standard, a sample of permeable concrete was evaluated for compression tests and 4 specimens were made which were tested at 7, 14 and 28 days of curing according to ASTM C 39; testing a total of 12 specimens, for the infiltration test of the concrete 1 panel was prepared according to ASTM C 1701.

The structural capacity of the permeable concrete was analyzed, measuring its compressive strength. Then, the results were compared with the requirements for the road layer on local roads and special pavements according to the EC. 010 Urban Pavements and ACI standards. So that it can be used in storm drainage systems, the rainfall of the city of Tarapoto was identified. From this database, the maximum recorded rainfall was studied and permeability requirements were established. In the design of mixtures of a permeable concrete, the percentage of voids and the type of coarse aggregate (maximum shape and size) have been taken. The permeability test was performed on a hardened permeable concrete as suggested by ACI 522R-10.

Then in the laboratory, following the procedures of the standard, specimens have been molded and cured after 7, 14 and 28 days to test them for compression and permeability obtaining results where the average resistance is 9,022 MPa, 10,003 MPa and 15,593 MPa respectively, which It is within the range of 2.8 MPa to 28 MPa specified by the ACI 522R-10 standard and the permeability measured through its average permeability coefficient is 0.499 cm / s which is within the range of 0.2 cm / s to 0.54 cm / s which also establishes the aforementioned standard.

Keywords: Permeable concrete, compressive strength, permeability.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios sostienen que las ciudades son las principales causantes del cambio climático a nivel mundial (Fernández, 2008). Además, los efectos de este cambio han incrementado la intensidad de los fenómenos naturales de tal manera que provocan descensos o incrementos drásticos de la temperatura prolongando el tiempo de sequías o intensificando las lluvias. Por lo tanto, existe la necesidad de poseer herramientas que permitan mantener los centros urbanos a salvo frente a los cambios bruscos en el clima.

Muchos países como EEUU, México, Inglaterra, Francia, Japón, entre otros han optado por medidas correctivas para evitar el aumento de la escorrentía superficial mediante la tecnología de concreto permeable aplicado en pavimentos, veredas, calles peatonales, parqueos, es decir en toda superficie que sea posible, consiguiendo buenos resultados ya que el agua de lluvia no solo puede infiltrarse en el suelo natural sino que mediante tuberías o geomembranas, el agua de lluvia puede ser dirigida a almacenes temporales donde se le puede dar un tratamiento para evitar contaminar y luego de pasada la tormenta arrojar el agua a los cauces naturales o incluso utilizar el agua por ejemplo en regar jardines, en industria, etc.

El Perú ha sufrido las consecuencias de no contar con la infraestructura que permita combatir los efectos de los fenómenos climáticos en los centros urbanos; la ciudad de Tarapoto, una de las ciudades afectadas por estos fenómenos. A pesar de ello, aún existen deficiencias en los sistemas de drenaje pluvial que mantienen a la población vulnerable ante otra llegada de precipitaciones anómalos.

En este contexto, el trabajo de investigación pretende encontrar un diseño de un concreto permeable con agregados del río Huallaga para el control de las aguas pluviales en la ciudad de Tarapoto, a través del uso del concreto permeable. Este material se caracteriza por su capacidad de infiltrar el agua a través de sus poros interconectados lo que permite controlar y mejorar la calidad del agua proveniente de las lluvias. El concreto permeable puede ser usado en vías de bajo volumen de tránsito, estacionamientos, veredas o aceras, vías peatonales

y ciclovías; y a la vez ser usado como sistema de drenaje. Su uso complementa los sistemas de drenaje convencionales y alivia las demandas excesivas que se presentan en las redes de alcantarillado pluvial.

Por todo lo expuesto se justifica la realización de la presente investigación, considerando que la ingeniería civil debe estar orientada a la aplicación de tecnologías ecológicas como el concreto permeable que busca que los proyectos sean sostenibles y no generen un impacto ambiental negativo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Diseñar un concreto permeable con agregado grueso del rio Huallaga en la ciudad de Tarapoto, provincia y región de San Martín.

1.1.2. Objetivos específicos

Diseñar un concreto permeable que cumplan con la definición utilizando las proporciones de materiales sugeridas por el ACI 522R-10. Por ello se utilizarán contenido de vacíos de 15%; agregado grueso de TMN 1/2" hasta 3/8", y relación de a/c de 0.40.

Implementar el ensayo de infiltración según la norma ASTM C-1701 para concreto permeable endurecido.

Evaluar el concreto permeable de acuerdo a los requisitos mínimos de resistencia de compresión para el uso como capa de rodadura en vías locales y pavimentos especiales según la CE.010 Pavimentos Urbanos.

Determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable en función del porcentaje de vacíos.

CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedente Internacional

Los primeros usos reconocidos del concreto permeable se dieron en Europa en el siglo XIX. Sin embargo sus aplicaciones crecieron especialmente al concluir la Segunda Guerra Mundial, como una respuesta ante la necesidad de reconstruir edificaciones y carreteras con medios limitados. La escasez de materiales, así como el alto costo de estos y su transporte, dieron paso a la utilización de un concreto sin finos que disminuía los contenidos de cemento (pasta) en las mezclas y permitía reciclar escombros. La investigación de este concreto en Costa Rica sobre el diseño de mezclas de concreto permeable utilizando agregados de río y cerro para luego someterla a ensayos de compresión uniaxial y de permeabilidad obtuvieron como resultados que ambas propiedades tienen una relación inversa pues por lo general las variables que afectan de manera positiva la resistencia lo hacen de forma negativa con la permeabilidad. (Fernández, 2008)

Para demostrar la efectividad del concreto permeable, se soltaron 6815 litros de agua en un pavimento en USA, lo que excedía la lluvia más pesada posible, y se halló que el agua drenó con efectividad sin fuga. (Fernández, 2008)

El concreto permeable tiene 15-25% de estructura vacía, lo que permite el paso de 120-320 litros de agua a través de cada metro cuadrado, con una tasa de flujo típica de 3.4 mm/s (200L/m²/min) o más. Esta tasa de flujo es mayor que el generado durante cualquier evento de lluvia, lo que permite al agua fluir a través de este. Por lo tanto, cuando se usan pavimentos de concreto permeable, el agua de lluvia se filtra al suelo debajo, recargando la capa freática natural en lugar de fugarse y causar erosión. El primer raudal de una tormenta (los primeros 25 mm a 35 mm de agua de lluvia) se lleva el 90 por ciento de contaminantes encontrados en el pavimento, los cuales pueden contaminar corrientes y ríos, puesto que normalmente se les permite fluir a las vías fluviales sin tratamiento previo. (Calderón. 2013).

2.1.2. Antecedente Nacional

En Perú encontramos el boletín informativo de la Asociación de Productores de Cemento ASOCEM referido a la investigación del concreto poroso o permeable en Arequipa por Calderón Colea, YM; Charca Chura. 2013, alumnos de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, en esta investigación se aborda el estudio del concreto permeable para su aplicación en la construcción y la influencia de parámetros como la forma de los agregados, granulometría de los agregados, porcentaje de vacíos y la permeabilidad. Para el diseño de sus mezclas siguen las recomendaciones de la norma ACI- 211.3R, 2000 eligiendo tres diseños de mezclas con tres diferente contenido de vacíos y manteniendo constante la relación agua - cemento, además se utilizaron tres diferentes tipos de agregado grueso redondeado, angular y reciclado. Sus resultados fueron que las mezclas elaboradas con agregado angular presentan mayor permeabilidad para un mismo porcentaje de vacíos, pero que necesita de más pasta y por ello también muestra mayor resistencia. (Calderón. 2013).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Concreto

El concreto es básicamente una mezcla de dos componentes: agregados y pasta. La pasta, compuesto de cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada), para formar una masa semejante a una roca ya que la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. (Calderón. 2013).

2.2.2. Concreto Permeable

Es un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivo y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyos tamaños varían de 2 a 8 mm. Lo que permite el paso del agua. El contenido de vacíos puede variar de 15 a 35% con resistencia a la compresión típica de 2.8 a 28 MPa. Su capacidad de drenaje depende del tamaño del agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 l/min/m² lo que equivale a un factor de permeabilidad comprendido entre 0.2 a 0.54 cm/s. (ACI 522R-10, citado por Pérez 2009)

Figura 1. La estructura vacía del concreto permeable permite el paso fácil de agua de lluvia. (NRMCA, citado por Pérez 2009)



Fuente: <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>

Según la teoría existente, las mezclas permeables deben tener como mínimo un 15% de vacíos. Sin embargo, también es muy importante la tasa de infiltración de las mezclas. Las mismas investigaciones permiten establecer que asociado a un 15% de huecos se encuentra una tasa de infiltración cercana a 0.35 cm/s. Adicionalmente, las mezclas con un contenido de huecos entre 15 y 20% permiten obtener mezclas con una adecuada resistencia y permeabilidad. (Meininger, citado por Pérez 2009)

2.2.3. Materiales

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo del agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm. (Calderón. 2013).

La pasta está compuesta de cemento Portland, agua y aire atrapado o aire incluido intencionalmente. Ordinariamente, la pasta constituye del 25 al 40 por ciento del volumen total del concreto. (Calderón. 2013).

El concreto permeable usa los mismos materiales que el concreto convencional, con las excepciones que el agregado fino normalmente se elimina casi por completo, y la distribución del tamaño del agregado grueso se mantiene uniforme. (Pérez. 2009)

2.2.3.1. Materiales cementantes

El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se mezcla con agua, ya sea sólo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de combinarse lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente pulverizado, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contiene cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones, previamente establecidas, para lograr las propiedades deseadas. (Pérez. 2009)

El cemento Portland que satisface las normas ASTM C150, C595, o C1157, se usa como el aglomerante principal. También pueden usarse materiales suplementarios como la ceniza volante, el cemento de escoria, y el humo de sílice, los cuales deben de satisfacer los requisitos de las normas ASTM C618, C989, y C1240, respectivamente (ACI 522, 2006). Una mayor dosis de cemento generará un concreto más resistente, pero demasiado cemento disminuirá el porcentaje de vacíos interconectados en el concreto, perdiendo este su capacidad de infiltración (De Solminihac et al, citado por Pérez 2009).

Es recomendable utilizar una cantidad que fluctúe entre los 270 a 415 kg/m³, según requisitos de resistencia y permeabilidad (Tennis et al, citado por Pérez 2009).

2.2.3.2. Agua

Casi cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor pronunciado, se puede utilizar para producir concreto. Las impurezas excesivas en el agua no sólo pueden afectar el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto, sino también pueden ser causa de eflorescencia, manchado, corrosión del esfuerzo, inestabilidad volumétrica y una menor durabilidad. El agua que contiene menos de 2,000 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos totales generalmente puede ser utilizada de manera satisfactoria para elaborar concreto. (Pérez. 2009)

Carbonatos y bicarbonatos alcalinos. Los carbonatos y bicarbonatos de sodio y potasio tienen diferentes efectos en los tiempos de fraguado de cementos distintos. El carbonato de sodio puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que los bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días. También se deberá considerar la posibilidad que se presenten reacciones álcali-agregado graves. (Pérez. 2009)

Cloruros. La inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que los iones de

cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones de presfuerzo. Los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. El nivel de iones cloruro solubles en el agua en el cual la corrosión del acero de refuerzo comienza en el concreto es de aproximadamente 0.15% del peso del cemento. Del contenido total de ion cloruro en el concreto, sólo es soluble en el agua aproximadamente del 50% al 85%: el resto se combina químicamente en reacciones del cemento. El Reglamento de construcción del American Concrete Institute, ACI 318, limita el contenido de ion cloruro soluble al agua en el concreto, a los siguientes porcentajes en peso del cemento: (Pérez. 2009)

- Concreto presforzado: **0.06%**
- Concreto reforzado expuesto a cloruros durante su servicio: **0.15%**
- Concreto reforzado que vaya a estar seco protegido contra la humedad durante su servicio: **1.00%**
- Otras construcciones de concreto reforzado: **0.30%**

Sulfatos. El interés respecto a un elevado contenido de sulfatos en el agua. Se debe a las posibles reacciones expansivas y al deterioro por ataque de sulfatos, especialmente en aquellos lugares donde el concreto vaya a quedar expuesto a suelos o agua con contenidos elevados de sulfatos. Aunque se han empleado satisfactoriamente aguas que contenían 10,000 ppm de sulfato de sodio, el límite del producto químico sulfato, como SO_4 , de 3,000 ppm, se deberá respetar a menos que se tomen precauciones especiales. (Pérez. 2009)

La calidad del agua para el concreto permeable está gobernada por los mismos requisitos que para el concreto convencional, en el ACI 301. Como una norma general, el agua que es potable es adecuada para usarla en el concreto. (Pérez 2009).

2.2.3.3. Agregados

Los agregados, conformados por las arenas (agregado fino) y las gravas (agregado grueso), constituyen más del 70% en una mezcla para la elaboración

del hormigón u concreto, material estructural y de construcción por excelencia. Se conocen también como áridos, expresión utilizada para definir un material que no debe tener reacción química de ningún tipo con el cementante, el agua o con otros aditivos naturales o químicos; sin embargo, el fenómeno de la reacción álcalis agregado descubierta muchos años atrás, muestra que esta pasividad no es tan evidente. (Fernández y Navas 2011)

El concreto permeable no contiene agregado fino, o tal vez muy poco; y el agregado grueso utilizado debe ser de tamaño uniforme. Comúnmente las granulometrías de agregado grueso utilizadas deben de cumplir con la norma ASTM C-33, estas son: N° 67 (3/4" a N° 4), N° 8 (3/8" a N° 16), o N° 89 (3/8" a N° 50). La norma ASTM D448 también puede ser usada para definir las granulometrías. (Pérez 2009)

Las granulometrías del agregado usadas en el concreto permeable generalmente son, ya sea de agregado grueso de un solo tamaño o granulometría de entre 3/4" y 3/8" de pulgada (19 y 9.5 mm). Los agregados redondeados y triturados, tanto los normales como los de peso ligero, han sido usados para hacer concreto permeable y deben satisfacer los requisitos de ASTM D448 y C33. En general, los agregados finos no deben ser usados en mezclas de concreto permeable, ya que ellos tienden a comprometer la capacidad de conexión del sistema de poros. (Pérez 2009)

En el concreto permeable, a diferencia del concreto convencional, la cantidad de pasta es limitada y por esta razón, la resistencia depende de los contactos entre los agregados. Estos contactos se pueden obtener usando agregados lisos y redondeados de río. Estos agregados, por su forma y textura, disminuyen la cantidad de vacíos en comparación con las mezclas que utilizan agregados angulosos y rugosos. Las resistencias aumentan, ya que existe un menor contenido de vacíos en el material y esto genera trabazón entre las partículas. (Crouch et al, citado por Fernández y Navas 2011)

En el caso de la permeabilidad, no existen diferencias importantes entre el uso de agregados de forma redondeada o angulosa. Granulometrías más uniformes y de tamaño máximo menor sí disminuyen la permeabilidad del concreto poroso,

pero que su efecto no es tan pronunciado como la ganancia en resistencia que se obtiene. (Crouch et al, citado por Fernández y Navas 2011).

a). Agregado grueso. El agregado grueso es aquel material proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca y queda retenido en el tamiz N° 4 (4. 76 mm). (Fernández y Navas 2011)

Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm. Los agregados gruesos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Pérez 2009).

b). Agregado fino. Proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, estos agregados deben pasar por el tamiz 3/8" y quedar retenidos en la malla N° 200 (Pérez 2009).

Los agregados finos comúnmente consisten en arena natural o piedra triturada siendo la mayoría de sus partículas menores que 5 mm. Los agregados finos deben cumplir ciertas reglas para darles un uso ingenieril óptimo: deben consistir en partículas durables, limpias, duras, resistentes y libres de productos químicos absorbidos, recubrimientos de arcilla y de otros materiales finos que pudieran afectar la hidratación y la adherencia de la pasta de cemento. Las partículas de agregado que sean desmenuzables o susceptibles de resquebrajarse son indeseables. (Pérez 2009).

El concreto permeable no contiene agregado fino, o tal vez muy poco; y el agregado grueso utilizado debe ser de tamaño uniforme. Comúnmente las granulometrías de agregado grueso utilizadas deben de cumplir con la norma ASTM C33, estas son: N° 67 (3/4" a N° 4), N° 8 (3/8" a N° 16), o N° 89 (3/8" a N°

50). La norma ASTM D448 también puede ser usada para definir las granulometrías. (Pérez 2009).

2.2.3.4. Aditivo

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

Los aditivos son usados en concretos permeables para obtener propiedades especiales, como en el concreto convencional. Los aditivos deben de satisfacer los requisitos de la ASTM C-494. Los aditivos reductores de agua (de mediano a alto rango) se usan dependiendo de la relación a/c. Los aditivos retardadores se usan para estabilizar y controlar la hidratación del cemento. Con frecuencia se prefieren los aditivos retardadores cuando se está tratando con mezclas rígidas, tales como concreto permeable, especialmente en aplicaciones en clima cálido. Los aditivos retardadores pueden actuar como lubricantes para ayudar a descargar el concreto desde una mezcladora, y pueden mejorar el manejo y las características de desempeño en el Jugar. Los aceleradores pueden utilizarse cuando se están colocando concretos permeables en clima frío. Los aditivos inclusores de aire no se han usado comúnmente en concreto permeables, pero pueden utilizarse en ambientes susceptibles de congelación y deshielo. Sin embargo, no existe un método confiable para cuantificar el volumen de aire incluido en estos materiales. (Pérez 2009).

2.2.4. Criterios Para el Diseño de Mezclas del Concreto Permeable

El procedimiento de diseño del concreto poroso o permeable difiere mucho con relación al concreto convencional ya que este se 'basa en la relación agua/cemento o la resistencia del concreto, en cambio en el concreto permeable lo más importante es el porcentaje de vacíos y el volumen de pasta, ya que el porcentaje de vacíos determinara la velocidad de infiltración en consecuencia la

permeabilidad del concreto poroso, en cambio el volumen de pasta asegura la adherencia entre las partículas del agregado grueso. (Pérez 2009).

El concreto permeable no se especifica o acepta en base a la resistencia, un punto aún más importante para el éxito por ejemplo de un pavimento permeable es el contenido de vacíos. La aceptación se basa normalmente en la densidad (peso unitario) del pavimento en el sitio. Una tolerancia aceptable es de más o menos 5 lb/cu.ft. (80 kg/m³) de la densidad de diseño. Esto debe ser verificado a través de mediciones de campo. La densidad fresca del concreto permeable se mide utilizando el método "jigging" descrito en la norma ASTM C-29. (Pérez 2009).

Se ha encontrado como aceptable un amplio rango de valores de cemento, dependiendo de la aplicación específica. Los aditivos químicos, además de afectar la relación a/c, se usan para influir en la trabajabilidad y los tiempos de fraguado, para mejorar las varias características del concreto permeable, y para mejorar la durabilidad a largo plazo. (Pérez 2009).

Tabla 1. Rangos típicos de las cantidades de los materiales en el concreto permeable (Tennis et al, citado por Pérez 2009).

PARÁMETRO	RANGO
Materiales cementantes, kg/m ³	270 a 415
Agregado, kg/m ³	1190 a 1480
Relación agua - cemento, en peso	0.26 a 0.45
Relación agregado - cemento, en peso	4 a 4.5:1
Relación agregado fino - agregado grueso, en peso	0 a 1:1

2.2.4.1. Relación agua - cemento (a/c)

En la relación agua/cemento, la importancia del agua resulta de gran magnitud, ya que ella y su relación con el cemento están altamente ligados a una gran cantidad de propiedades del material final que se obtendrá, en donde usualmente conforme más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad y plasticidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra; no obstante, también comienza a disminuir la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre. (Pérez 2009).

En el concreto permeable la dosis de agua utilizada tiene una gran repercusión en las propiedades de la mezcla. Utilizando una cantidad insuficiente de agua dará como resultado una mezcla sin consistencia y con una baja resistencia. Una cantidad excesiva de agua, generará una pasta que sellará los vacíos de la mezcla y que, además, lavará el cemento dejando expuesto al agregado, produciendo una baja resistencia al desgaste superficial.

Se supone que la trabajabilidad del concreto permeable es satisfactoria si se usa suficiente agua de mezclado para impartir a la mezcla una apariencia de un metal mojado. Al comprimir y soltar un puñado de la mezcla, se deberá tener como resultado una mezcla que no se desmorona, ni presenta huecos, y no debe fluir la pasta de cemento separándose de las partículas del agregado.

La consistencia correcta usualmente se obtiene a través de un proceso de prueba e inspección, lo que asegura que cada mezcla contenga la pasta de cemento suficiente para cubrir las partículas gruesas con una delgada capa brillante, dándole un resplandor metálico. La relación a/c es una consideración muy importante para el desarrollo de la resistencia y la estructura de vacíos del concreto. (Pérez 2009)

Figura 2. Ejemplos de concretos permeables con diferentes contenidos de agua, formados en una pelota: (a) muy poca agua, (b) cantidad de agua adecuada, (c) Mucha agua. Fuente: Pervious Concrete Pavements (Paul D. Tennis).





Fuente: <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>

2.2.4.2. Relación agregado - cemento

La relación agregado - cemento típica varía entre 4:1 a 4.5:1, pero ésta depende fundamentalmente del tipo de agregado. Tanto la relación agua - cemento y la relación agregado - cemento deben satisfacer las características de permeabilidad, capacidad de carga, y durabilidad.

Las pruebas de peso unitario seco - compactado de agregado grueso (b/b_0) hecho por la National Aggregates Association - National Ready Mixed Concrete Association (NAA - NRMCA) muestra que el peso unitario seco-compactado del agregado grueso determinado de acuerdo con la norma ASTM C29 puede usarse en la proporción del concreto permeable. Así:

(b/b_0): Volumen seco compactado de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

b: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

El valor b/b_0 automáticamente se compensa por los efectos de las diferentes formas de las partículas de los agregados, la graduación o tamaño, y el peso específico. Además, para un rango de agregados de tamaño máximo nominal normalmente usados para concreto permeable ($3/8"$ a $3/4"$) los valores b/b_0 son muy similares (ACI 211.3R, 1998). La tabla 2 muestra los valores de b/b_0 para agregado grueso de tamaños N° 8 ($3/8"$) y N° 67 ($3/4"$) para un contenido de agregado fino de 0%, 10% y 20% del total de agregado.

Tabla 2. Valores efectivos de b/b_0 (ACI 211.3R, citado por Pérez 2009).

Porcentaje de agregado fino (%)	b/b_0	
	N° 8 ($3/8"$)	N° 67 ($3/4"$)
0	0.99	0.99
10	0.93	0.93
20	0.85	0.86

2.2.5. Procedimiento de Proporción del Concreto Permeable

El procedimiento de proporción para el concreto permeable está basado en el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas de agregado,

mientras se mantiene la estructura de vacíos necesaria. La cantidad de agregado depende del peso unitario seco compactado y de los valores de b/b_0 seleccionados de la tabla 2. Una vez que se determina el volumen de pasta de la gráfica 1 se selecciona la relación a/c , se determinan los pesos del agua y el cemento por metro cúbico de acuerdo con las siguientes relaciones. (ACI 211.3R, citado por Pérez 2009)

$$V_p = V_c + V_a \dots \dots \dots (1)$$

$$V_p = \frac{c}{\gamma_c} + \frac{a}{\gamma_a} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

V_p : Volumen de pasta

V_c : Volumen de cemento

V_a : Volumen de agua

c : Peso de cemento.

a : Peso de agua.

γ_c : Peso específico de cemento

γ_a : Peso específico de agua

Considerando que el peso específico del cemento y del agua es 3.15 y 1, respectivamente se tiene:

$$V_p = \frac{c}{3.15 \times 1000} + \frac{a}{1000} \dots \dots \dots (3)$$

Si la relación agua - cemento es a/c entonces:

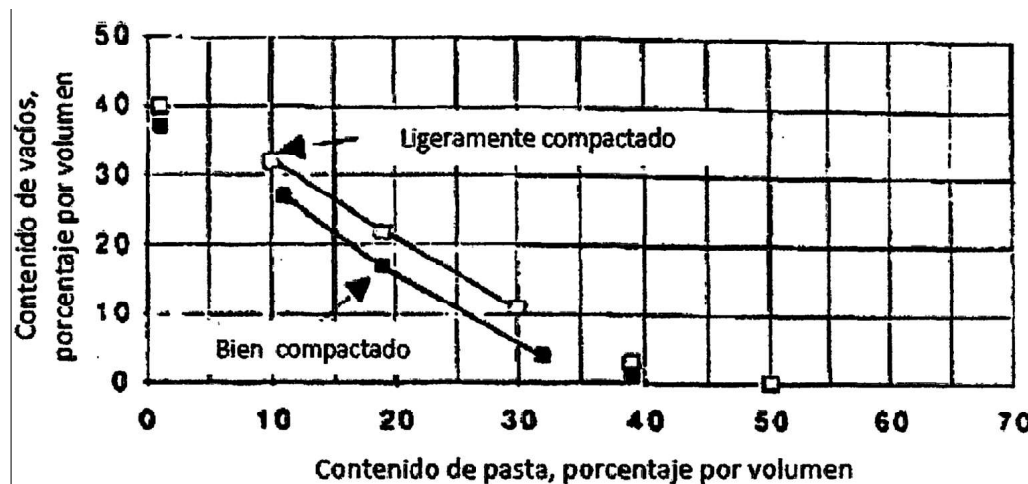
$$a = \left(\frac{a}{c}\right) c \dots \dots \dots (4)$$

$$V_p = \frac{c}{3.15 \times 1000} + \frac{\left(\frac{a}{c}\right) c}{1000} \dots \dots \dots (5)$$

Especificando un valor del porcentaje de vacíos de la mezcla se determina el volumen de pasta de la gráfica 1, se pueden determinar el peso del cemento y el peso del agua.

Cuando se usa agregado fino, el volumen de pasta debe ser reducido por cada 10% de agregado fino 2% del total de agregado para concreto permeable bien compactado, y por cada 10% de agregado fino 1% del total de agregado para concreto ligeramente compactado. Estas reducciones son necesarias para mantener el mismo porcentaje de vacíos por volumen.

Gráfica 1. Relación entre el contenido de vacíos y el contenido de pasta para agregado N° 8 (3/8") (ACI 211.3R citado por Pérez 2009).



2.2.6. Compactación

El grado de compactación puede tener efectos considerables sobre la calidad del concreto permeable. Un mayor grado de compactación se produce cuando el concreto alcanza su mayor nivel de resistencia. Esto se debe a la densificación del concreto y la eliminación de huecos. Estos son los mismos vacíos necesarios para la permeabilidad del agua. Demasiada compactación por lo tanto resultará en una pérdida de permeabilidad a través del concreto y un fracaso del sistema del concreto permeable. (Pérez. 2009).

De acuerdo con la experiencia internacional, las mezclas de hormigón poroso deben ser compactadas con un rodillo pesado de ancho mayor que el de la losa a hormigonar (FCP A, 1990; GCPA, 1997; Reyes & Torres, 2002; (Fernández, 2008). Por esta razón los investigadores diseñaron un rodillo de 300 mm de

diámetro, 600 mm de ancho y 115 kg de peso, que proporciona presiones similares a las utilizadas en terreno (0.08 MPa). (Fernández, 2008)

Pérez (2009) en su investigación aplico tres métodos de compactación hasta llegar obtener el más aproximado al método utilizado con rodillo pesado, estos métodos fueron:

Compactación con varilla a 25 golpes en dos capas, compactado con pisón a 15 golpes en dos capas y compactado con martillo compactador por 30 segundos. De los cuales obtuvo mejor resultado con el martillo compactador.

Los cilindros de 150 x 300 mm (6 x 12 pulgadas) se moldearán en dos capas y para compactarlos se usa un martillo Próctor de acuerdo a lo especificado en la ASTM C1688 (2008) aplicando 10 golpes por cada capa. (Fernández, 2008)

2.2.7. Curado

El curado es el mantenimiento de un adecuado contenido de humedad y temperatura en el concreto a edades tempranas, de manera que éste puede desarrollar las propiedades para las cuales fue diseñada la mezcla. El curado comienza inmediatamente después del vaciado (colocado) y el acabado, de manera que el concreto pueda desarrollar la resistencia y durabilidad deseada. (NRMCA CIP 11 s.f.)

La estructura porosa del concreto permeable hace que el curado sea particularmente importante, ya que el secado puede ocurrir más rápidamente. Un proceso erróneo de curado en los primeros 7 días puede reducir la durabilidad de la superficie en un 60%. El proceso de curado debe comenzar inmediatamente después de compactar el concreto permeable. (ACI 522, citado por Pérez 2009)

2.2.8. Resistencia a la Compresión

Las mezclas de concreto (hormigón) se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean

los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión se mide fracturando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste la carga y se reporta en Megapascales (MPa) en unidades S.I (NRMCA CIP 35 s.f.)

Un resultado de prueba es el promedio de por lo menos 2 pruebas de resistencia curadas de manera estándar o convencional elaboradas con la misma muestra de concreto y sometidas a ensayo a la misma edad. En la mayoría de los casos, los requerimientos de resistencia para el concreto se realizan a la edad de 28 días. (NRMCA CIP 35 s.f.)

Por definición un ensayo de resistencia corresponde al promedio de las resistencias de dos cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, ensayados a los 28 días (Seminario sobre el Código ACI 318-99 2000)

El ensayo correspondiente para determinar la resistencia a la compresión del concreto permeable es el mismo que para un concreto convencional, por lo que en lo posible seguiremos las indicaciones del CIP 35 de la NRMCA referido a la prueba de resistencia a la compresión del concreto que se detalla a continuación:

- Las probetas cilíndricas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x .12 pulgadas (150 x 300 mm) ó 4 x 8 pulgadas (100 x 200 .mm), cuando así se especifique. Las probetas más pequeñas tienden a ser más fáciles de elaborar y manipular en campo y en laboratorio. El diámetro del cilindro utilizado debe ser como mínimo 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso que se emplee en el concreto.

- El registro de la masa de la probeta antes de colocarles tapa constituye una valiosa información en caso de desacuerdos. Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrentan) con mortero de azufre (ASTM C-617) o con tapas de almohadillas de neopreno (ASTM C 1231). Las cubiertas de azufre se deben aplicar como mínimo 2 horas antes y preferiblemente 1 día antes de la prueba. Las cubiertas de almohadilla de neopreno se pueden utilizar para medir las resistencias de concreto entre

1500 y 7000 psi (10 a 50 MPa). Para resistencias mayores de hasta 12000 psi, se permite el uso de las tapas de almohadillas de neopreno siempre y cuando hayan sido calificadas por pruebas de cilindros compañeros con tapas de azufre. Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo.

- No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.

- El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más del 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.

- Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).

- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. -El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de 20 a 50 psi/s (0.15 a 0.35 MPa/s) durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura. La fractura cónica es un patrón común de ruptura.

- La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura entre el área promedio de la sección. C 39 presenta factores de corrección en caso de que la razón longitud - diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 10 psi (0.1 MPa).

- El técnico que efectúe la prueba debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que se presenten en los cilindros o

sus tapas. Si se miden, la masa de los cilindros también deberá quedar registrada.

- La mayoría de las desviaciones con respecto a los procedimientos estándar para elaborar, curar y realizar el ensayo de las probetas de concreto resultan en una menor resistencia medida.

- El rango de los cilindros compañeros del mismo conjunto y probado a la misma edad deberá ser en promedio de aprox. 2 a 3% de la resistencia promedio. Si la diferencia entre dos cilindros compañeros sobrepasa con demasiada frecuencia el 8%, o el 9.5% para 3 cilindros compañeros, se deberán evaluar y rectificar los procedimientos de ensayo en el laboratorio.

- Los resultados de las pruebas realizadas en diferentes laboratorios para la misma muestra de concreto no deberán diferir en más de 13% aproximadamente del promedio de los 2 resultados de las pruebas.

- Si 1 o 2 de los conjuntos cilíndricos se fracturan a una resistencia menor a: F'_c , evalúe si los cilindros presentan problemas obvios y retenga los cilindros sometidos a ensayos para examinarlos posteriormente. A menudo, la causa de una prueba malograda puede verse fácilmente en el cilindro, bien inmediatamente o mediante examen petrográfico. Si se desechan o botan estos cilindros, se puede perder una oportunidad fácil de corregir el problema. En algunos casos, se elaboran cilindros adicionales de reserva y se pueden probar si un cilindro de un conjunto se fractura a una resistencia menor.

- Una prueba a los 3 o 7 días puede ayudar a detectar problemas potenciales relacionados con la calidad del concreto o con los procedimientos de las pruebas en el laboratorio pero no constituye el criterio para rechazar el concreto.

- La norma ASTM C-1077 exige que los técnicos del laboratorio que participan en el ensayo del concreto deben ser certificados.

- Los informes o reportes sobre las pruebas de resistencia a la compresión son una fuente valiosa de información para el equipo del proyecto para el proyecto actual o para proyectos futuros. Los reportes se deben remitir lo más

prontamente posible al productor del concreto, al contratista y al representante del propietario.

2.2.9. Permeabilidad e Infiltración

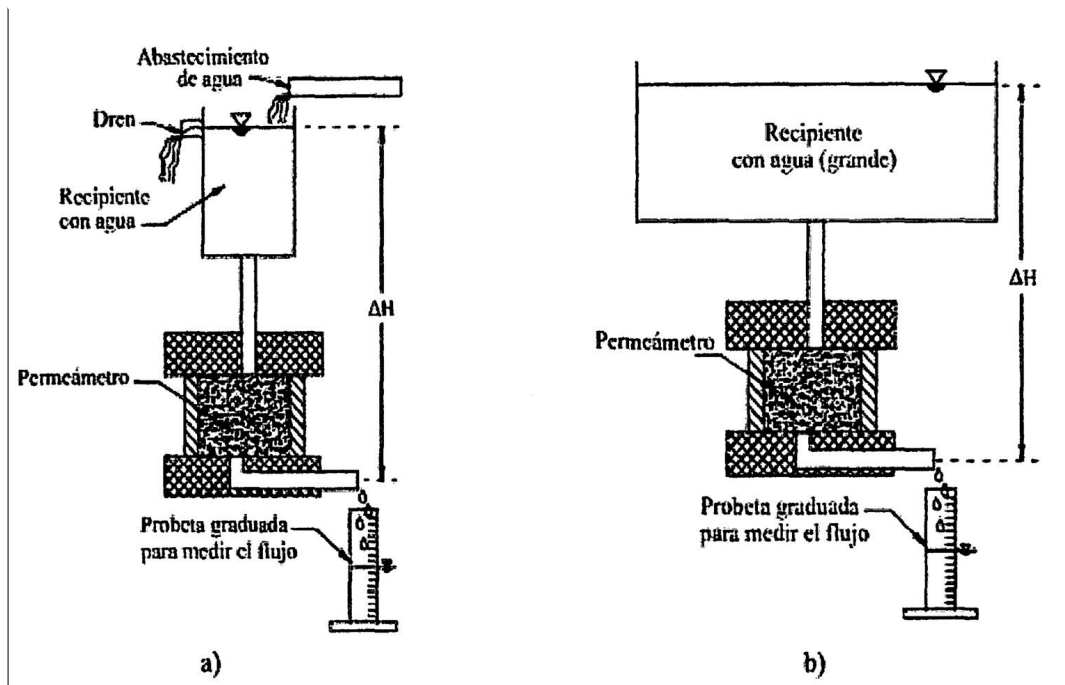
Al hablarse de concretos permeables, se tiende a cometer el error de intercambiar los términos *permeabilidad* e *infiltración* indistintamente; ya que la conductividad hidráulica (permeabilidad) es determinada en el laboratorio con un espécimen de volumen conocido donde la Ley de Darcy es aplicable. Montes y Haselbach han demostrado que se puede asumir un flujo laminar para concretos permeables normales (de hasta 32,0 % de porcentaje de vacíos) y que con la permeabilidad se puede utilizar la relación Carman-Kozeny (Fernández, 2008). Como aún no existe una norma que indique cómo realizar esta prueba, muchos investigadores utilizan la recomendación presentada por el ACI 522R-10, método que inclusive se usa en competencias estudiantiles de concretos permeables.

Por otro lado, determinar la permeabilidad en el campo es logísticamente difícil; deben realizarse algunas modificaciones en el pavimento para buscar un espécimen de volumen conocido, y grandes cantidades de agua. Para aliviar estos problemas, se utiliza la prueba de infiltración como sustituto de la permeabilidad. La infiltración sólo informa la cantidad de agua que pasa por la superficie. El flujo es insaturado y se extiende lateralmente a través del pavimento, de manera que el volumen del pavimento húmedo, es mucho mayor que el volumen del pavimento directamente debajo del área de la prueba. Debido a este aumento de volumen, los valores de infiltración pueden ser mucho mayores que los de permeabilidad en el laboratorio. Posiblemente la mayor diferencia entre la permeabilidad y la infiltración es que la permeabilidad es un flujo saturado y la infiltración es un flujo no saturado (Fernández, 2008).

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de la matriz. El coeficiente de permeabilidad del concreto permeable normalmente se encuentra en el rango de 0.2 a 0.54 cm/s. (Pérez 2009)

Para el determinar la permeabilidad del concreto permeable se utilizara un permeámetro de carga constante el cual presenta las siguientes componentes:

Figura 3. Permeámetros de carga constante típico (a) y utilizando un recipiente amplió (b).



Fuente: <https://www.arqhys.com/construccion/permeametrocargaconstante.html>

El procedimiento consiste en colocando una válvula en la salida de agua hacia la probeta graduada, se cierra y se comienza a abastecer el recipiente con agua hasta que el agua salga por su tubería de rebose o dren, lo cual me indica que la muestra está saturada. A continuación, se procede a abrir la válvula en la salida hacia la probeta graduada registrando el tiempo en que se llena cierto volumen de agua.

Luego en gabinete se realiza los cálculos correspondientes para calcular el coeficiente la permeabilidad mediante la siguiente fórmula:

$$K = \frac{V \times L}{A \times H \times t} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

K: Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

V: Volumen de agua que pasa por la muestra (ml).

L: Longitud de la muestra en el sentido del movimiento del agua (s).

H: Pérdida de carga (cm).

A: Área de la sección transversal (cm²).

t: Tiempo (s).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1. Concreto Permeable

Es un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivo y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyos tamaños varían de 2 a 8 mm lo que permite el paso del agua. El contenido de vacíos puede variar de 18 a 35% con resistencia a la compresión típica de 2.8 a 28. MPa. Su capacidad de drenaje depende del tamaño del agregado y de la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a 730 l/min/m². (ACI 522R-10)

2.3.2. Revenimiento

También llamada consistencia, es la propiedad del concreto en estado fresco que define la humedad de la mezcla por el grado de fluidez de la misma entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad, así por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (Fernández, 2008)

El método de determinación empleado es conocido como método de cono de asentamiento, de Abrams o de Slump, y define la consistencia de la mezcla por el asentamiento, medido en pulgadas o milímetros, de una masa de concreto que previamente ha sido colocada y compactada en un molde metálico de dimensiones definidas y sección tronco cónica. (Fernández, 2008)

2.3.3. Resistencia a la Compresión

Propiedad del concreto endurecido que viene a ser es el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utiliza como índice de su calidad. (Fernández, 2008)

La resistencia a la compresión se expresa en kg/cm² y se obtiene en laboratorio mediante ensayos de compresión uniaxial en probetas elaboradas en moldes cilíndricos cuya longitud es el doble de su diámetro (6"x12") y que han sido adecuadamente curadas y pasado generalmente 28 días desde su colocación en el molde.

2.3.4. Permeabilidad e Infiltración

Se entiende por permeabilidad a la facilidad de movimiento de un flujo a través de un medio poroso. La permeabilidad puede definirse como velocidad de flujo producida por un gradiente hidráulico unitario. Se encuentra en plena votación la norma ASTM 1701, método de prueba para evaluar la permeabilidad de pavimentos de concreto permeable por parte de la ASTM. (Fernández, 2008)

Mientras que, el grado de infiltración incrementa a medida que el contenido de vacíos aumenta y, en contraposición, la resistencia a la compresión y flexión decrece, entonces el objetivo del diseño de mezclas de concreto permeable es lograr un balance entre un grado de infiltración aceptable para una mínima resistencia a la compresión y flexión. La infiltración es la propiedad más importante del concreto permeable, debido a que esta permite que el agua infiltre a través de la matriz. El grado de infiltración está directamente relacionado con la porosidad y el tamaño de los poros. Es importante tener en cuenta que es necesario obtener una mínima cantidad de porosidad de aproximadamente 15% para lograr una percolación significativa. (Fernández, 2008)

2.3.5. Aditivo

Material que, no siendo agua, agregado, cemento hidráulico, o fibra de refuerzo, es empleado como un ingrediente del mortero o concreto, y es añadido a la tanda

inmediatamente antes o durante su mezclado. Los aditivos son utilizados como componentes del concreto o mortero a fin de modificar una o varias propiedades con el objetivo que sea adecuado al trabajo realizado, facilitar su colocación y reducir costos de operación. (ASTM C494). Los aditivos se clasifican según la norma ASTM C494 en:

- Tipo A.- Reductor de agua de medio rango.
- Tipo C.- Acelerador de fraguado.
- Tipo D.- Reductor de agua y retardador.
- Tipo E.- Reductor de agua y acelerador.
- Tipo F.- Reductor de agua de alto efecto.
- Tipo G.- Reductor de agua de alto efecto y retardador.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO, NIVEL, DISEÑO Y MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 3. Tipo, nivel, diseño y método de la investigación.

CRITERIO	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Finalidad	Aplicada
Estrategia o enfoque teórico metodológico	Cuantitativa, experimental
Fuente de datos	Primaria
Temporalidad	Transversal (sincrónica)
Contexto donde se desarrolla	Laboratorio
Intervención disciplinaria	Unidisciplinaria

La presente investigación busca conocer si la consistencia adecuada al concreto permeable elaborado con agregados del río Huallaga, cemento Portland tipo I; se logra obtener una resistencia a la compresión y permeabilidad que estén dentro del rango que da la norma ACI 522R-10 citada. Por Pérez 2009.

Se usará cemento Portland extra fuerte de la marca Pacasmayo por ser de uso general y además por ser el más accesible.

Para el procedimiento de proporción de materiales hemos utilizado el método de diseño de mezcla basado en el volumen de pasta necesario para mantener unidas las partículas del agregado, mientras se mantiene la estructura de vacíos necesaria para que tenga una buena permeabilidad.

En cuanto al porcentaje de vacíos hemos elegido el valor de 15% esto debido a que según investigaciones un contenido de vacíos entre 15% y 20% permiten obtener mezclas con una adecuada resistencia y permeabilidad (Meininger, citado por Pérez 2009).

Para la relación agua - cemento usamos el promedio del rango típico cuyos valores están comprendidos entre 0.26 a 0.45 por lo que el valor usado es: 0.40.

Esto en razón de que estamos investigando si con el agregado grueso del río Huallaga propuestos se puede fabricar concreto permeable cuya resistencia y permeabilidad estén dentro de un rango aceptable según la norma CE-010 Pavimentos Urbanos.

En laboratorio se han aplicado los ensayos necesarios al agregado obteniendo así los valores de las propiedades que requería para el diseño de mezcla como, por ejemplo: Granulometría, peso específico, absorción, peso unitario sin compactar, peso unitario compactado y pasa la malla N°200.

Realizado el diseño de mezcla, procedimos al moldeo de probetas según los criterios expuestos en el punto 2.2.4 del marco teórico, a dichas probetas las sometimos a los ensayos de compresión y permeabilidad según lo planeado y registrarnos los valores de dichos ensayos para luego hacer una comparación de estos con la definición de la norma ACI 522R- 10, citada por Pérez 2009, y así conocer si el concreto permeable elaborado con el agregado grueso del río Huallaga, cemento Portland tipo I está dentro de los valores establecidos por dicha norma.

La investigación se realizará en la ciudad de Tarapoto con agregado piedra chancada del río Huallaga, cemento Portland tipo 1, en los meses de Mayo y Junio del 2019.

3.1.1. Población de estudio

Desde el punto de vista estadístico la población para el presente estudio entra dentro del rango de infinito, pues identificando que la unidad de análisis es la probeta de concreto, la población entonces está conformada por todas las probetas de concreto que podría fabricar, dependiendo entonces de factores como el presupuesto y tiempo.

3.1.2. Muestra

La muestra elegida fue tomada teniendo en cuenta la definición que da la norma ACI respecto al ensayo de resistencia a la compresión la cual dice: "Por definición un ensayo de resistencia corresponde al promedio de las resistencias

de dos cilindros de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, ensayados a los 28 días" (Seminario sobre el Código ACI 318-99 2000).

Así mismo la norma E-60 - Cap.5 - Itero 5.1.6 cito: "Se considera como un ensayo de resistencia al promedio de las resistencias de dos probetas cilíndricas hechas de la misma muestra de concreto y ensayadas a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de fe" (Norma E060 – 2009).

Así que partiendo de estas definiciones decidimos como muestra 12 probetas de concreto permeable que las dividiremos en 3 partes para realizar los ensayos, es decir 4 probetas para ensayos de resistencia a la compresión para cada edad de 7, 14 y 28 días.

Es necesario indicar que existen varias fórmulas estadísticas que permiten encontrar la muestra de una población infinita las cuales generalmente están orientadas a estudios observacionales, es decir en aquellos donde no se manipulan variables y simplemente se registra el fenómeno, no obstante, se debe coordinar y evaluar si el valor de la muestra que se obtiene es necesaria y factible de realizar desde varios puntos de vista como: presupuesto, tiempo, recursos, etc.

Aplicaremos una de estas fórmulas para calcular un tamaño de la muestra de una población infinita: (Rodríguez, 2008)

$$n = \frac{pxq}{\varepsilon^2} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

n: Muestra.

p: Probabilidad a favor. (p=0.50)

q: Probabilidad en contra. (q=0.50)

ε : Error de estimación ($\varepsilon = 5\%$)

Reemplazando valores en la fórmula (7) tenemos que la muestra debería ser:

$$n = \frac{0.5 \times 0.5}{0.05^2}$$

$$n = 100$$

A partir de la fórmula (7) despejamos ε^2 :

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{pq}{n}} \dots\dots\dots (8)$$

Entonces, como hemos elegido una muestra de $n = 12$, calcularemos el error ε al que incurrimos según la fórmula (8)

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{0.5 \times 0.5}{12}}$$

$$\varepsilon = 14.43\%$$

3.1.3. Unidad de análisis

Es la probeta fabricada de concreto permeable.

3.1.4. Ubicación geográfica donde se realiza la investigación

Tabla 4. Coordenadas UTM donde se realizó el estudio.

LUGAR	COORDENADAS UTM		
	ESTE	NORTE	COTA
Tarapoto	349111.00 m E	9283584.00 m S	380 m.s.n.m

El agregado grueso a utilizar es extraído del río Huallaga de la cantera en buenos aires y acopiado en la chancadora de agregados “Cumbaza” en el distrito de la Banda de Shilcayo.

Tabla 5. Coordenadas UTM del centro de acopio del agregado grueso a utilizar.

LUGAR	COORDENADAS UTM		
	ESTE	NORTE	COTA
Banda de Shilcayo	350520.00 m E	9280172.00 m S	270 m.s.n.m

Figura 4. Vista satelital del lugar de acopio del agregado grueso del río Huallaga.



Fuente: <https://www.google.com.pe/maps/@6.509194,76.3516884,739m/data=!3m1!1e3?hl=es>

3.2. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO PERMEABLE

3.2.1. Materiales a utilizar

- Piedra chancada de 3/8" y 1/2" sin agregado fino de la cantera del río Huallaga en buenos Aires.
- Cemento Portland tipo I.
- Agua potable.

3.2.2. Equipos a utilizar

- Tamices: 3/8" y N°4 (4.76 mm)
- Tamizador marca HUMBOLDT
- Balanza electrónica digital.
- Canastilla.
- Horno eléctrico marca ECOCELL
- Taras de todos los tamaños.
- Mezcladora de concreto marca BAUKER, modelo XH-PCM210

- Moldes estándar de acero galvanizado para el moldeo de probetas.
- Martillo o Pisón del Próctor.
- Máquina automática para pruebas de compresión de 200 KN, ASTM C-39, 220-240V 50-60Hz.
- Marco para gravedad específica marca UTEST.
- Cubeta de aluminio para determinación de masa unitaria.
- Equipo para prueba de revenimiento en concreto fresco.
- Aro de 12" de diámetro para el ensayo de infiltración (ASTM C-1701)

3.2.3. Determinación de las características físicas del agregado grueso

3.2.3.1. Peso específico del agregado grueso

Para calcular este valor usaremos el siguiente equipo:

- Balanza electrónica digital.
- Canastilla
- Marco para peso específico
- Horno eléctrico.
- Taras de diferentes tamaños.

Mediante el método del cuarteo seleccionamos aproximadamente 5 kg del agregado que se desea ensayar (piedra chancada de 1/2", rechazando todo el material que pase el tamiz N°4 (4.76 mm).

Luego de un lavado completo para eliminar el polvo y otras impurezas superficiales de las partículas, secamos la muestra hasta peso constante a una temperatura de 100°C a 110°C y luego la sumergimos en agua durante 24 horas +/- 4 horas.

Sacamos la muestra del agua y la colocamos sobre un costalillo al sol haciéndola rodar sobre un paño grande absorbente, hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque la superficie de las partículas aun parezca húmeda. Teniendo cuidado en evitar la evaporación durante la operación de secado de la superficie.

Obtenemos el peso de la muestra bajo la condición de saturación con la superficie seca... (B)

Después de pesar, colocamos de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determinamos su peso en agua a temperatura de 20°C a 25°C... (C)

Secamos la muestra en horno hasta peso constante, a temperatura de 100°C a 110°C (110°C +/-5), dejándola enfriar hasta temperatura ambiente y la pesamos... (A)

Luego aplicaremos las siguientes fórmulas:

Peso específico de masa (g/cm³)... $Pe = \frac{A}{B-C} \dots (9)$

Peso específico de masa saturada con su superficie seca (g/cm³)...

$$P_{esss} = \frac{B}{B-C} \dots (10)$$

Peso específico aparente (g/cm³)... $Pea = \frac{A}{A-C} \dots (11)$

Porcentaje de absorción... $Ab = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots (12)$

Tabla 6. Cálculo del peso específico y absorción del agregado (ASTM C 127).

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	2668.00	2667.00	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	1874.00	1824.00	
C	Peso de malla (en aire)	668.00	668.00	
D	Peso de malla (en agua)	574.00	574.00	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	2654.00	2650.00	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	2000.00	1999.00	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	1300.00	1250.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (E-F)	700.00	749.00	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1986.00	1982.00	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	686.00	732.00	
Peso Específico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.837	2.646	2.74
Peso Específico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.857	2.669	2.76
Peso Específico Aparente= (I/J)		2.895	2.708	2.80

% de Absorción = $((F-I)/I)*100$	0.70	0.86	0.78
----------------------------------	------	------	-------------

3.2.3.2. Análisis granulométrico

Teniendo en cuenta que para la presente investigación se ha propuesto usar agregado grueso de 1/2" sin finos tenemos que el equipo a usar para el análisis granulométrico es:

- Tamices de 1/2" y N° 4 (4.76 mm)
- Tamizadora eléctrica marca Humboldt

Obteniendo un tamaño máximo nominal de 1/2", usando lo que se retiene en la malla N°4 (4.76 mm) y rechazando lo que pasa.

3.2.3.3. Forma y textura superficial del agregado

La forma del agregado depende en gran medida de la dureza y resistencia de la roca original influye apreciablemente en el concreto tanto fresco como endurecido, en el porcentaje de agua que necesita para la colocación en obra, en la resistencia mecánica, así como en la adherencia de los áridos con la pasta de cemento. En los agregados se presentan formas tales como: redondeados, alargados, laminados, irregulares, angulares, elongados y laminados. (Azañedo 2007)

La textura superficial se basa en el grado de suavizado o aspereza que presenta la superficie de una partícula, esta característica depende de la dureza, tamaño del agregado y la porosidad de la roca de origen. Influye principalmente en la adherencia de la pasta de cemento con los áridos, ya que mientras más rugosa sea la superficie de contacto, mayor será la adherencia y generalmente en partículas cuya textura superficial no permita la penetración, la adherencia será menor. Entre los diferentes grupos de textura superficial podemos encontrar los siguientes: vítrea, lisa, granular, áspera, cristalina y aplanada. (Azañedo 2007)

Para el agregado utilizado en el presente estudio obtenemos que:

- La forma del agregado es predominantemente irregular, presentando además formas alargadas y laminadas.
- La textura superficial del agregado es predominantemente lisa.

3.2.3.4. Peso unitario

Para calcular este valor conocido también como Peso volumétrico usaremos el siguiente equipo:

- Balanza electrónica digital.
- Barra compactadora de acero de 60 cm de largo y extremos semiesféricos de 5/8" de diámetro.
- Recipiente cilíndrico y de metal suficientemente rígido para condiciones duras de trabajo, cuyas medidas se especifican en la tabla N°. 4

Calibración del recipiente

El recipiente se calibrará determinando con exactitud el peso del agua requerida para llenarlo a 16.7°C para cualquier unidad, el factor (f) se obtendrá dividiendo al peso unitario del agua a 16.7°C (1000 kg/m³) por el peso del agua a 16.7°C necesario para llenar el recipiente [W_a(16.7°C)]

$$f = \frac{1000}{W_a(16.7^\circ C)} \quad \dots (13)$$

Entonces los valores de los ensayos realizados al agregado piedra chancada de TMN ½" de la cantera de Buenos Aires del río Huallaga son:

Tabla 7. Peso unitario sin compactar del agregado grueso (ASTM C – 29)

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	24905	24570	24535
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	19020	18685	18650
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.357	1.333	1.330
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,340		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	52.14		

Tabla 8. Peso unitario compactado del agregado grueso (ASTM C – 29)

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	26930	26625	26420
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	21045	20740	20535
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.501	1.479	1.465
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m³)	1,482		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	47.07		

3.2.3.5. Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que contiene el agregado en un momento dado. Cuando dicha cantidad se expresa como porcentaje de la muestra seca, se denomina porcentaje de humedad pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados generalmente se los encuentra húmedos y varían con el estado del tiempo, razón por la cual se debe determinar frecuentemente el contenido de humedad, para luego corregir las proporciones de una mezcla.

Para calcular este valor usaremos en siguiente equipo:

- Balanza electrónica digital.
- Recipiente adecuado para colocar la muestra de ensayo.
- Horno eléctrico capaz de mantener una temperatura de 105 a 110°C.

Entonces los valores de los ensayos realizados al agregado piedra chancada de TMN ½" de la cantera de Buenos Aires del río Huallaga son:

Tabla 9. Humedad natural del agregado grueso (ASTM C – 70)

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA (gr.)	600.00	627.00	632.00
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	599.00	626.00	631.00
PESO DE AGUA	1.00	1.00	1.00
PESO DE TARA	100.00	127.00	132.00
PESO DE MUESTRA SECA	499.00	499.00	499.00
% DE HUMEDAD	0.20	0.20	0.20
PROMEDIO DE HUMEDAD (%)	0.20		

3.2.4. Cemento

Para la presente investigación se utilizará cemento portland tipo 1 (de uso general y sin propiedades especiales) que cumple con las normas NTP 334.009 Y ASTM C-150-99.

3.2.5. Agua

En la presente investigación el agua para lavar los agregados, saturarlos y para mezcla será potable.

3.2.6. Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla o proporción de los materiales para la elaboración de las probetas de concreto permeable utilizaremos los criterios y ecuaciones expuestas en los ítems 2.2.4 y 2.2.5 del marco teórico.

La variable a/c se fijó en 0.40. Este valor fue escogido debido a que se busca evitar los problemas derivados de un déficit o exceso de agua en la pasta. Además, tomando en cuenta resultados presentados por investigaciones referentes a la relación agua-cemento a/c en el concreto permeable, como (Meininger, 1988), quien concluye que resistencias a la compresión relativamente altas en el concreto permeable son posibles con relaciones a/c aproximadamente 0.40.

Entonces:

Datos requeridos

Relación agua – cemento:	$a/c = 0.40$
Porcentaje de vacíos:	15%
Peso específico del cemento:	3.15 g/cm ³
Peso específico del agregado grueso:	P.e.s.s = 2.76 g/cm ³
Absorción:	Ab=0.78%

Resolución

- De la gráfica 1 a partir del porcentaje de vacíos obtenemos el volumen de pasta necesario, así... $V_p = 0.170 \text{ m}^3$
- Volumen de vacíos ... $V_v = 0.15 \text{ m}^3$
- Volumen del agregado... $V_g = 1 - (V_p + V_v) = 1 - (0.170 + 0.15)$.

$$V_g = 0.680 \text{ m}^3$$

- Peso del agregado... $A_g = P.e.s.s * V_g = 2.76 * 0.68$

$$A_g = 1876.8 \text{ kg}$$

- Despejando "c" de la ecuación 5 obtenemos el peso del cemento, así: 236.95 kg

$$V_p = \frac{c}{P.e.c} + \frac{a}{P.e.h20}$$

$$V_p = \frac{c}{3.15 \times 1000} + \frac{a}{1.00 \times 1000}$$

$$V_p = \frac{c}{3.15 \times 1000} + \frac{\frac{a}{c} \times c}{1.00 \times 1000}$$

$$0.17 = \frac{c}{3.15 \times 1000} + \frac{0.40 \times c}{1.00 \times 1000}$$

$$c = 236.95 \text{ kg}$$

- Volumen de cemento... $V_c = c / (3.15 * 1000) = 237 / (3.15 * 1000)$

$$V_c = 0.075 \text{ m}^3$$

- La cantidad de agua de la ecuación (4)

$$a = (a/c)c = (0.40)236.95$$

$$a = 94.78 \text{ Kg}$$

- El volumen de agua: $V_a = a / 1000 = 94.780 / 1000$

$$V_a=0.095 \text{ m}^3$$

Tabla 10. Materiales para 1 m³ de concreto permeable.

MATERIAL	PESO EN KG.	VOLUMEN EN M³.
Cemento	236.95	0.075
Agua	94.78	0.095
Agregado	1876.8	0.680
TOTAL	2208.53	0.850

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

$$\%V = (1 - V_t) * 100 = (1 - 0.850) * 100$$

$$\%V = 15\%$$

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

3.2.7. Mezclado de los materiales

Para el mezclado de los materiales se empleará una mezcladora eléctrica, la cual tiene la capacidad para dar 4 probetas por diseño.

3.2.8. Vaciado y compactación del concreto permeable en los moldes cilíndricos

Para el vaciado y compactación de la mezcla se usará el siguiente equipo: (Pérez 2009).

- Moldes cilíndricos estándar de 6" de diámetro y 12" de alto de acero galvanizado los cuales serán llenados con la mezcla en tres capas.
- Para compactar cada capa usamos la varilla de acero para el chuseado dando 15 golpes cada capa.

3.2.9. Curado

En el caso específico del concreto el curado es el proceso con el cual se mantienen una temperatura y un contenido de humedad adecuados, durante los primeros días después del vaciado, para que se puedan desarrollar en él las propiedades de resistencia y durabilidad.

Para el concreto permeable que se utiliza en pavimentos de bajo tránsito su curado normalmente utilizado es el de cubrir la superficie expuesta con un material de polietileno claro de 0.15 mm o más grueso en la dimensión suficiente para que pueda cubrir el ancho completo de un carril a lo largo de una distancia razonable, los materiales tejidos, tales como yute o una tela geotextil, no deben usarse, ya que no retendrán la humedad en el concreto. Los componentes de curado a base de cera no producen resultados aceptables. (Pérez 2009)

Las probetas serán desmoldadas después de 24 horas posteriormente cubiertas con plástico durante 7 días. (Castro, 2009)

El curado de los especímenes fue realizado tratando de simular las condiciones estándar pero, éstas no se pudieron cumplir a cabalidad debido a las condiciones climáticas que influyeron en nuestra poza de curado, hemos mantenido una temperatura constante de curado de 23 °C, la temperatura del agua de curado de nuestra investigación oscilo entre 10°C y 23°C, también el agua de curado no fue saturada en cal porque se trató de simular las condiciones reales a las que será sometido nuestro concreto en su aplicación como pavimento.

3.3. Análisis de datos

Para el análisis de datos se ha codificado cada probeta según un número ordinal y el tiempo de curado que lleva en la poza de curado.

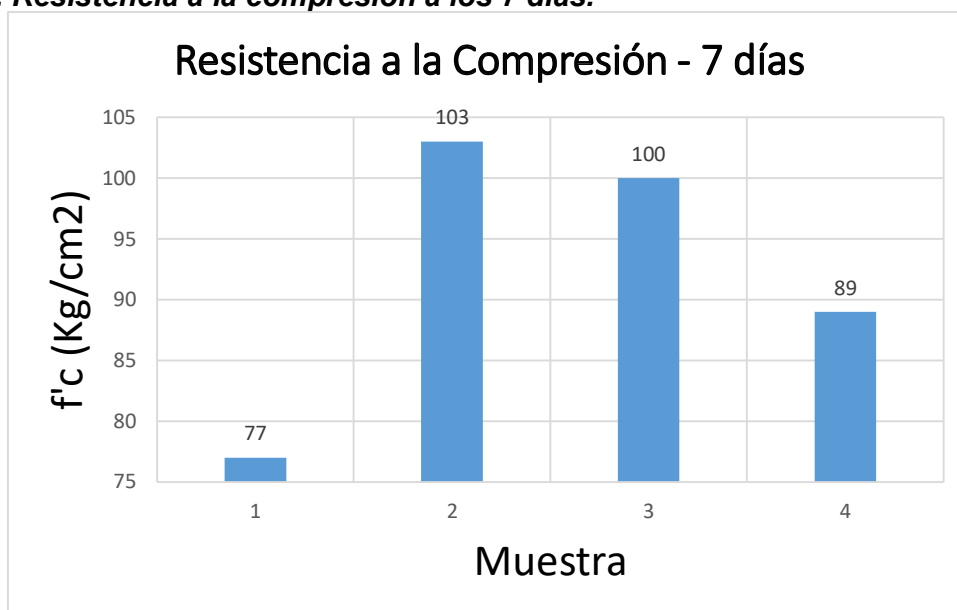
3.3.1. Análisis de datos referentes a la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión la obtenemos al ensayar las probetas en una máquina hidráulica cargando la probeta hasta la ruptura de la misma registrando el valor de esta carga y luego dividiéndola entre el área de la probeta cilíndrica.

Tabla 11. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 7 días.

N° Mst.	Estructura o Identificación	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	7	15.00	134.3	13,693	177	77	92
2	TESTIGO	7	15.00	178.3	18,180	177	103	
3	TESTIGO	7	15.00	173.4	17,680	177	100	
4	TESTIGO	7	15.00	155.1	15,819	177	89	

Gráfica 2. Resistencia a la compresión a los 7 días.



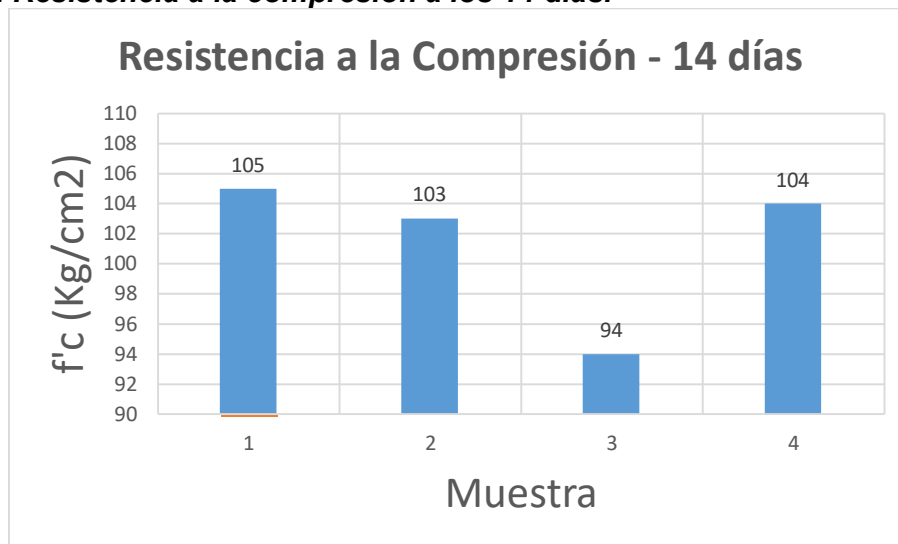
Fuente: propia.

Como se puede observar la resistencia a la compresión promedio de las probetas ensayadas a los 7 días es de 9.02 MPa que aunque baja se encuentra dentro del rango de 2.8 a 28 MPa, que indica la definición de la norma ACI 522-R 10 sobre el concreto permeable.

Tabla 12. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 14 días.

N° Mst.	Estructura o Identificación	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	14	15.00	181.9	18,549	177	105	102
2	TESTIGO	14	15.00	179.3	18,284	177	103	
3	TESTIGO	14	15.00	163.9	16,713	177	94	
4	TESTIGO	14	15.00	180.7	18,426	177	104	

Gráfica 3. Resistencia a la compresión a los 14 días.



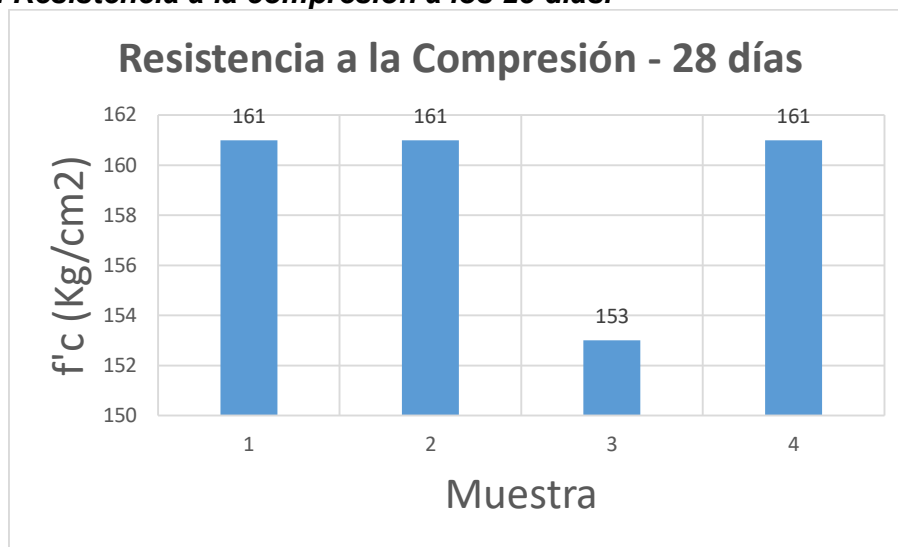
Fuente: propia.

Como se puede observar la resistencia promedio a los 14 días es de 10.0 MPa que es mayor respecto a la resistencia a los 7 días y se mantiene con tendencia al extremo izquierdo del rango de 2.8 a 28 MPa que indica la definición de la norma ACI 522-R 10 sobre el concreto permeable.

Tabla 13. Resistencia a la compresión del concreto permeable a los 28 días.

N° Mst.	Estructura o Identificación	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm2)	Res. Obt. (Kg/cm2)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	28	15.00	280.3	28,584	177	161	159
2	TESTIGO	28	15.00	278.7	28,416	177	161	
3	TESTIGO	28	15.00	265.1	27,033	177	153	
4	TESTIGO	28	15.00	279.9	28,543	177	161	

Gráfica 4. Resistencia a la compresión a los 28 días.



Fuente: propia.

Como se puede observar la resistencia promedio a los 28 días es de 15.556 MPa que es mayor respecto a la resistencia a los 7 y 14 días, su tendencia se mantiene al extremo izquierdo del rango de 2.8 a 28 MPa que indica la definición de la norma ACI 522-R 10 sobre el concreto permeable.

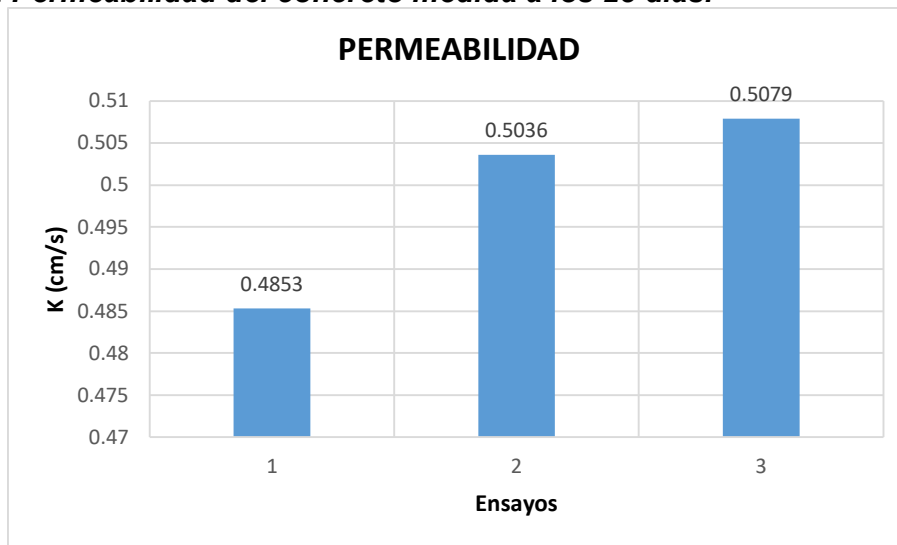
3.3.2. Análisis de datos referente a la permeabilidad

Como se ha indicado anteriormente los datos acerca del ensayo de permeabilidad se obtendrán por medio del ensayo de infiltración de acuerdo a la norma ASTM C1701, y los resultados son los siguientes:

Tabla 14. Resultado de las pruebas de permeabilidad en el concreto permeable.

Número de Ensayo	1	2	3
Pre humectación (seg)	17.29	16.71	17.11
Cantidad Vertida (kg)	18.00	18.00	18.00
Tiempo de Filtración (seg)	51.24	49.37	48.96
Agua filtrada por Losa (kg)	17.75	17.85	17.90
Agua Retenida por Losa (lt)	0.25	0.15	0.10
Infiltración (pulg/hora)	687.78	713.83	719.81
Infiltración (mm/hr)	17469.612	18131.282	18283.174
Infiltración (cm/seg)	0.4853	0.5036	0.5079
Promedio (cm/seg)	0.499		

Gráfica 5. Permeabilidad del concreto medida a los 28 días.



Fuente: propia.

Como se puede observar el ensayo de permeabilidad presenta valores uniformes, además presenta un coeficiente de permeabilidad promedio de 0.499 cm/s el cual está dentro del rango de 0.2 a 0.54 cm/s que normalmente presenta el concreto permeable.

3.3.3. Resumen de datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la compresión e infiltración del concreto permeable.

Tabla 15. Datos ordenados de forma creciente de los ensayos de resistencia a la compresión y permeabilidad.

f'c a los 7 días (kg/cm²)	f'c a los 14 días (kg/cm²)	f'c a los 28 días (kg/cm²)	K a los 28 días (cm/s)
77	94	153	0.4853
89	103	161	0.5036
100	104	161	0.5079
103	105	161	
92	102	159	0.499

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Los ensayos de compresión fueron aplicados a 12 probetas estándar en total, separándolas en 3 partes para los 7, 14 y 28 días luego de moldeadas y curadas. Los resultados de dichos ensayos mostraron una baja resistencia a la compresión en todos los periodos de tiempo teniendo como promedios sin aumentos significativos con el transcurso del tiempo así los promedios de la resistencia a la compresión obtenidos son:

Tabla 16. Resistencias promedios del concreto permeable a los 7, 14 y 28 días.

F'c a los 7 días (Kg/cm²)	F'c a los 14 días (Kg/cm²)	F'c a los 28 días (Kg/cm²)
92	102	159

El rango de la resistencia del concreto permeable según la norma ACI 522R -10 es de 2.8 a 28 MPa (28.55 a 285.52 Kg/cm²) por lo que si comparo las resistencias promedias de las edades de 7, 14 y 28 días de los ensayos realizados puedo observar que son bajas pero se encuentra dentro de dicho rango.

El requisito mínimo de módulo de rotura para los pavimentos en vías locales descritos en la norma C.E 010 Pavimentos Urbanos es de $f'c = 34 \text{ Kg/cm}^2$. Por lo que, si comparo las resistencias promedias de las edades de 7, 14 y 28 días de los ensayos realizados puedo observar que son altas y se encuentra dentro de dicho rango.

4.2. PERMEABILIDAD

Los ensayos de permeabilidad arrojan resultados que comprueban la capacidad de este concreto para permitir el paso de agua a través de su matriz, la teoría nos dice que el concreto permeable tiene un coeficiente de permeabilidad entre 0.2 a 0.54 cm/s, en los ensayos realizados obtenemos un coeficiente de

permeabilidad promedio de 0.499 cm/s, el cual está dentro del rango anteriormente mencionado.

El requisito de permeabilidad para el drenaje pluvial frente a precipitaciones en la ciudad de Tarapoto es de 119mm/h (0.0035 cm/seg). Por lo tanto, se puede sugerir que el concreto permeable puede ser usado como una alternativa de drenaje para las aguas pluviales de la playa de estacionamiento de la Universidad Científica del Perú en interés, debido a que posee una permeabilidad 200 veces el requisito de diseño.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

La alta resistencia a la compresión encontrada en el concreto elaborado se debe entre otros factores a las propiedades físicas y mecánicas del agregado referente a su forma y textura, pues en cuanto a su forma y textura predominantemente es alargadas y lisas respectivamente.

La mayor porosidad del concreto permeable, elaborado con agregado grueso de la cantera del río Huallaga, medidas a través de su coeficiente de infiltración (ASTM C1701) es de 0.499 cm/s y se encuentra dentro del rango que normalmente posee el concreto permeable, por lo que en lo que respecta a permeabilidad este agregado es muy aceptable.

Los valores mínimos a la resistencia a la rotura para los pavimentos en vías locales descritos en la norma C.E 010 Pavimentos Urbanos es de $f'c = 34$ Kg/cm². Por lo que, si comparo las resistencias promedias de las edades de 7, 14 y 28 días de los ensayos realizados puedo observar que son altas y se encuentra dentro de dicho rango.

La resistencia a la rotura al 15% de vacíos del concreto permeable elaborado con agregados de la cantera del río Huallaga a la edad de 28 días es de 15.59 MPa, se encuentra dentro del rango que define la norma ACI 522R-10.

5.2. RECOMENDACIONES

Este estudio solo comprende una parte de los ensayos que se necesita realizar en el concreto permeable, por lo que se recomienda realizar otros ensayos como la resistencia de tensión en flexión, durabilidad entre otros.

Se requiere de una capacitación en el sistema de compactación de las muestras en vista que esta influye significativamente en los resultados a las resistencias de compresión y permeabilidad. De esta manera, se ha verificado el uso del martillo Próctor modificado en la compactación de prismas para el ensayo de permeabilidad.

Siendo este concreto un material ecológico se recomienda también evaluar desde el punto de vista ambiental su impacto en el medio ambiente, puesto que también influye en la decisión de si se usa o no.

Para la elaboración del permeámetro sugerido por el ACI 522R, se requiere de conocimientos previos en mecánica de fluidos y de los materiales que lo componen. Por lo tanto, es aconsejable la asesoría técnica para la construcción del permeámetro. Para ser usados y mejoradas para futuras investigaciones.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS Y TESIS

Azañedo Medina, W.; Chávez Juanito, H. y Muñoz Valdivia, R. (2007). Diseño de Mezcla de Concreto Poroso con Agregados de la Cantera la Victoria, Cemento Pórtland Tipo I con Adición de Tiras de Plástico, y su Aplicación en Pavimentos Rígidos, en la Ciudad de Cajamarca. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. (Tesis de Grado).

Calderón Colca, Y. y Charca Chura J. (2013). Análisis y diseño de pavimentos permeables de concreto poroso. Perú: Universidad Nacional de San Agustín.

Castro J. (2004). Diseño de mezcla y construcción de pavimentos de hormigón poroso en Chile. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. (Tesis de Magister).

CIRIA (2007). The SuDS Manual. CIRIA, Londres: CIRIA

EPA (1999), Storm Water Technology Fact Sheet, Porous Pavement. Washington, D.C., Estados Unidos.

Fernández Arrieta, R. y Navas Carro A. (2008). Diseño de mezclas para evaluar su resistencia a la compresión uniaxial y su permeabilidad. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

García H., Perales M. y Doménech. Control de escorrentías urbanas mediante pavimentos permeables: aplicación en climas mediterráneos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia. Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA).

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. y Baptista Lucio, P. Metodología de la Investigación. 4ta Ed. México: McGraw-Hill Interamericana; 2006.

Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara (2004). Diseño y Control de Mezclas de Concreto, EE.UU: Portland Cement Association. Illinois.

Pérez (2009). Estudio Experimental de Concretos Permeables con Agregados Andesíticos. México: Universidad Nacional Autónoma de México. (Tesis de Grado).

Rodríguez Hernández, J. (2008). Estudio, análisis y diseño de secciones permeables de firmes para vías urbanas con un comportamiento adecuado frente a la colmatación y con capacidad portante necesaria para soportar tráficos ligeros. Santander: Universidad de Cantabria. (Tesis Doctoral)

Roberto de Araújo P., Tucci C. y Goldenfum J. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. Brasil: Instituto de Investigaciones Hidráulicas UFRGS de Porto Alegre.

Saucedo Vidal, A. (2012). Concreto Hidráulico Permeable, Una Alternativa Para La Recarga De Los Mantos Acuíferos Del Valle De México. México: Universidad Nacional de México.

Smith D. (2001). Permeable Interlocking Concrete Pavements, Selection, Design, Construction, Maintenance. Segunda Edición. Washington, DC, Estados Unidos: Interlocking Concrete Pavement Institute (ICPI).

SCHUELER, T., (1987) Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs.

Woods-Ballard B.; Kellagher R.; Martin P.; Jefferies C.; Bray R.; Shaffer P. (2007) The SUDS Manual. CIRIA C697. London.

NORMAS

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

ACI 211.3R-97 (1998), Guide for selecting proportions for no-slump concrete.

Appendix 7 Pervious concrete mix proportioning. 211.3R-21. American Concrete Institute.

ACI-522R.6. (2006). Pervious Concrete. American Concrete Institute.

ASTM-C1688/ C 1688M.-08. (2010). Standard Test Method for Density and Void

ASTM_C127. (1993). Standard Test Method for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate. USA: ASTM International.

ASTM_C131. (1996). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. USA: ASTM International.

ASTM-C09.49. Métodos de Prueba Alternativos para el concreto permeable. ASTM International.

ASTM-C1701. Métodos de Prueba de infiltración en concreto permeable. ASTM International.

VII. ANEXOS

ANEXO 1: REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO

Figura 5. Se observa la problemática que tiene la playa de estacionamiento de la Universidad Científica del Perú durante las precipitaciones pluviales.



Figura 6. Agregado grueso almacenado después de ser extraído y procesado, de la cantera de Buenos Aires del río Huallaga.



Figura 7. Selección del agregado grueso de 1/4", 1/2" y 3/8" que serán usados en nuestro diseño de mezcla de concreto permeable.



Figura 8. Pesado de muestra del agregado grueso para ensayo de contenido de humedad



Figura 9. Colocación de la muestra de agregado grueso ensayo de contenido de humedad en el horno a temperatura 110 ± 5 °C.



Figura 10. Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.



Figura 11. Ensayos de peso unitario suelto.



Figura 12. Tamizado del agregado grueso, ensayo de granulometría.



Figura 13. Ensayo de gravedad específica del agregado.



Figura 14. Pesado del agregado grueso para la elaboración de probetas.



Figura 15. Preparación de la mezcla de concreto agregando agua, agregado grueso y cemento portland tipo I.



Figura 16. Ensayo de revenimiento del concreto (slump test) para medir la trabajabilidad del concreto en estado fresco.



Figura 17. Llenado del concreto en los moldes de probeta para posteriormente realizar el curado.



Figura 18. Curado de los testigos de concreto permeable durante 7 y 14 días.



Figura 19. Peso del testigo de concreto permeable antes de ser sometido a la prueba de resistencia a la compresión.

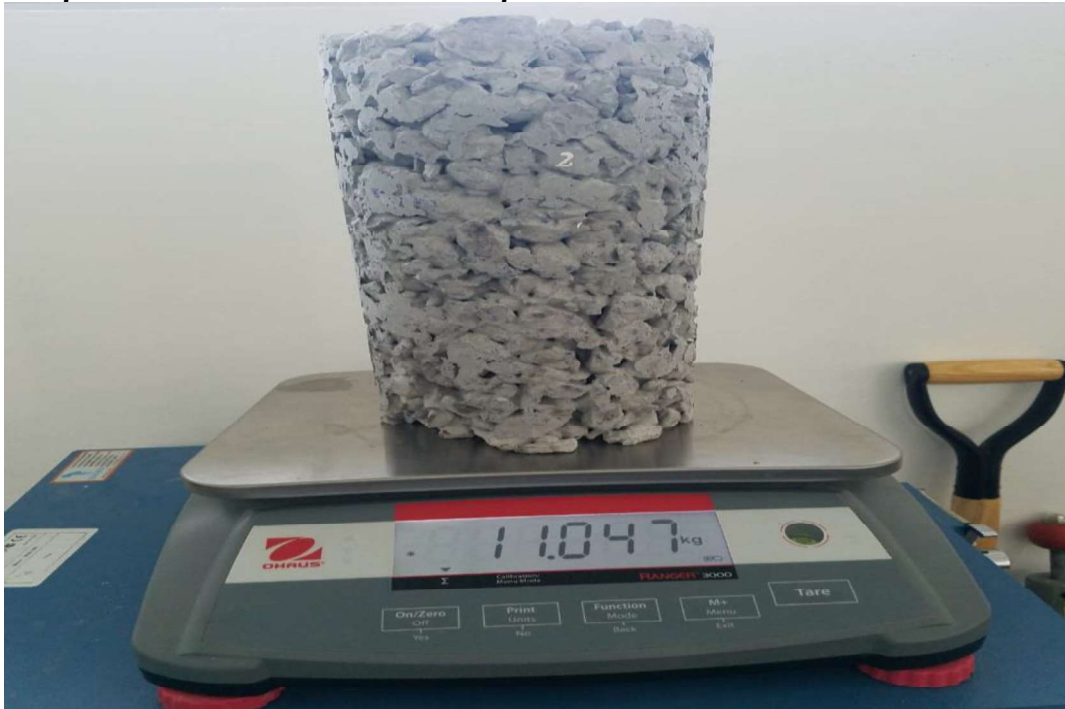


Figura 20. Prueba de resistencia a la compresión de los testigos de concreto permeable.



Figura 21. Datos arrojados del ensayo de resistencia a la compresión.

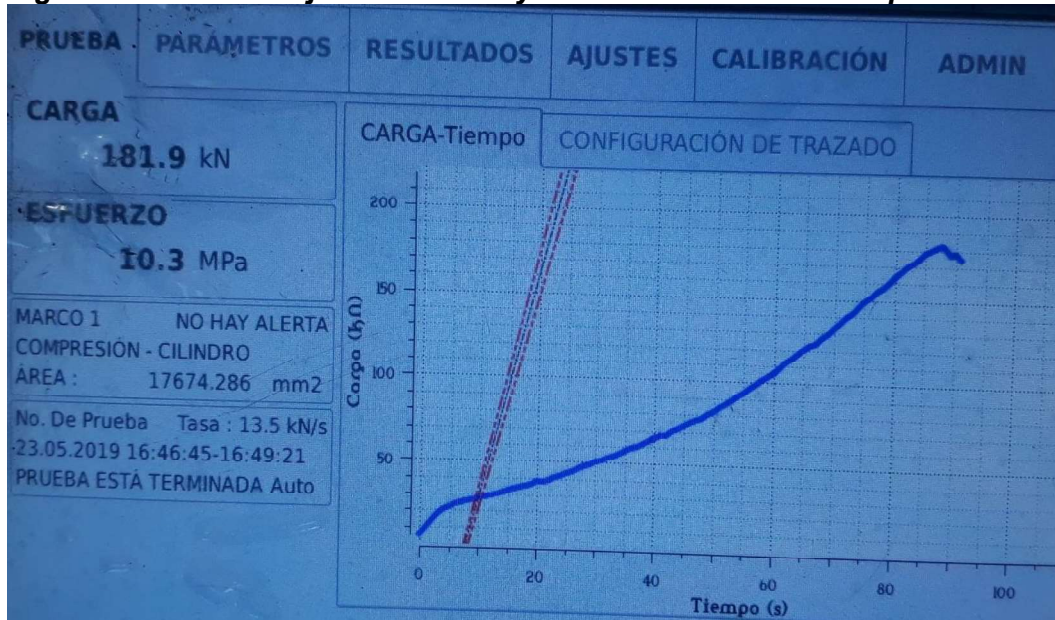


Figura 22. Materiales utilizados en la prueba de infiltración.




Figura 23. Humedeciendo el testigo de concreto permeable antes de realizar el ensayo de infiltración.



Figura 24. Realizando del ensayo de infiltración y tomando datos obtenidos según la norma ASTM C 1701.



ANEXO 2: REGISTRO DE CALIBRACIONES DE EQUIPOS

 MMM Group	Works Test Report	QZJ 11-01-02 Edition 11 Page 1/1
--	-------------------	--

Manufacturer: MMM Medcenter Einrichtungen GmbH

Trade Name:
 VENTICELL ECOCELL Master protocol
 INCUCELL INCUCELL V QZJ 10-08-01/LSI ECO
 VACUCELL DUROCELL QZJ 10-11-01/VIU ECO
 FRIOCELL CLIMACELL QZJ 10-06-01/FCCLC ECO
 QZJ 10-12-01/FCCLC EVO
 QZJ 10-13-01/VIU EVO

Volume [l]: 22 55 111 222 404 707 1212

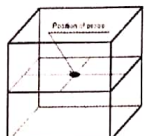
Serial number: H 120 553

Type / Model: EC111 ECO

Test date: 1.3.18

Calibration of the temperature measuring chain:

Working Procedure: QPP 11-11

Single-point temperature measurement is performed with a sensor placed in the centre of the chamber. 

Reference conditions of the measurement: Ambient temperature 23 ± 3 °C

Reference measuring equipment (Etalon):

Recorder YOKOGAWA HR 3081, 47SB0881 Temperature sensor (thermocouple of type "T"), no.: 16
 serial no.: 47SB0880

Table of measured and calculated values:

Temperature [°C]		Deviation		Temperature [°C]
Calibration point	Measured value (Etalon)	[°C]	[%]	Offseted value
1. 37	37,0	0	0	0
2. 100	98,5	1,5	-1,5	-1,5
3. 180	188,0	2,0	-1,1	-2,0
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
Calibration point	Calculated value (extrapolation of measured values)	[°C]	[%]	Offseted value

Selected components

Board TTSKM1: 010	Board TTSKS1: 010	Board P1F1: 010 510 870	System version: 11.1.4
Board TTCHM1: 010 513 912	Board TTCMS1: 010 513 917	Board PSW: 010 510 869	Heating elements: 01043521

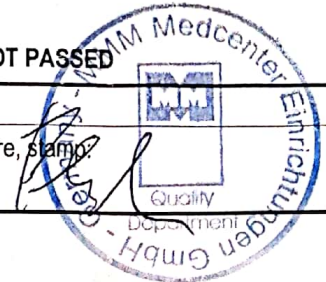
Electrical Safety Tests

Test (encircle passed / not passed)	Test	Measured value
Check of mains cable and connection of PE and N conductors <input checked="" type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO	Leakage current. Max. value: 3.5 mA	0,86 mA / 230 V
Dielectric Strength Test <input checked="" type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO	Measurement of energy take-off during heating / cooling.	7,4 A
Protective Bonding Impedance. Max allowed impedance: 0.1 Ω <input checked="" type="radio"/> YES <input type="radio"/> NO	Max. value acc. to the Instructions for Use.	

Conclusion

Device PASSED NOT PASSED

Person responsible for the measurement and for the document entirety:

Date: 1.3.18 Name, surname: BERKA Signature, stamp: 

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 374 - 2018

Página 1 de 4

1. Expediente	18583
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Jr. Martinez de Compagnon N° 933 Tarapoto - San Martin - SAN MARTIN.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	4100 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHAUS
Modelo	PAJ4102
Número de Serie	B734570765
Capacidad mínima	0,5 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2018-07-23

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2018-07-23

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN C. QUISPE MORALES

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 548 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	18914
2. Solicitante	UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
3. Dirección	Jr. Martinez de Compañon N° 933 Tarapoto - San Martin - SAN MARTIN.
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	500 g
División de escala (d)	0,1 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	III
Marca	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Capacidad mínima	2,0 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	21502 (*)
5. Fecha de Calibración	2018-11-06

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2018-11-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Tel.: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282

RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

**ANEXO 3: REGISTRO DE LAS
PRECIPITACIONES PLUVIALES DE LA
CIUDAD DE TARAPOTO**

CUADRO N° 01 : INFORMACIÓN METEOROLÓGICA – ESTACIÓN DE TARAPOTO – S – (CORPAC)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA – SENAMHI

DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN

ESTACIÓN: TARAPOTO – S – 309

Latitud: 06°30'21''S

Longitud : 76°22'17''W

Altitud : 289 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN

Provincia : SAN MARTÍN

Distrito : TARAPOTO

PERCEPCIÓN MÁXIMA CAÍDA EN 24 HORAS (mm)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMB	OCTUB	NOVIEMB	DICIEMB
1961	22.5	23.8	40.0	27.6	35.5	30.0	4.0	10.0	58.0	104.0	53.0	2.0
1962	15.0	73.3	20.0	79.0	40.0	18.4	25.0	54.0	96.0	3.0	46.0	14.0
1963	21.7	34.0	23.0	52.0	85.0	26.5	51.5	9.0	32.0	29.1	20.0	100.0
1964	11.0	32.0	33.0	52.0	34.0	3.0	12.0	30.0	14.0	53.0	28.4	12.0
1965	36.6	35.7	29.0	44.0	48.1	26.0	18.0	34.0	47.0	35.0	35.0	15.4
1966	12.3	19.0	45.0	19.0	65.0	45.0	43.0	12.7	27.4	39.6	68.8	40.0
1967	17.4	53.0	100.0	41.0	48.0	20.0	29.0	19.0	30.0	17.0	18.0	38.0
1968	50.0	91.0	30.0	60.0	58.0	48.0	38.0	30.0	31.6	92.0	30.0	25.0
1969	2.0	33.0	33.0	14.0	10.0	78.0	28.0	10.0	35.0	95.0	37.0	18.0
1970	50.0	30.0	77.0	38.0	20.0	21.0	30.0	12.0	17.0	36.0	52.0	22.0
1971	25.0	27.0	38.0	36.0	26.0	20.0	26.0	47.0	25.0	27.0	33.0	28.0
1972	80.0	38.0	70.0	34.0	19.0	42.0	31.0	28.0	61.0	88.0	19.0	20.0
1973	28.0	46.0	27.0	32.0	17.0	30.0	16.0	15.0	61.0	52.0	20.0	11.0
1974	35.0	12.0	106.0	86.4	32.0	28.0	22.0	20.0	37.0	13.5	25.7	43.0
1975	45.0	54.0	32.0	18.1	48.0	21.6	37.0	65.0	30.0	14.0	27.0	5.2
1976	29.0	10.9	24.0	12.0	26.0	14.3	23.0	51.5	25.0	20.0	56.0	31.0
1977	16.0	20.8	22.7	22.0	78.0	33.0	11.0	18.0	26.0	33.0	51.0	97.0
1978	22.0	16.0	47.0	26.0	25.0	35.0	22.0	12.0	27.0	32.0	25.0	20.0
1979	22.0	6.0	37.0	20.0	32.0	45.5	15.0	22.0	44.0	49.0	42.0	32.0
1980	29.0	12.0	47.0	19.0	39.0	56.0	14.0	57.0	16.0	31.3	10.0	22.0

FUENTE SENAMHI – San Martín

CUADRO N° 01 : INFORMACIÓN METEOROLÓGICA – ESTACIÓN DE TARAPOTO – S – (CORPAC)

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA – SENAMHI

DIRECCIÓN REGIONAL DE SAN MARTÍN

ESTACIÓN: TARAPOTO – S – 309

Latitud: 06°30'21''S

Longitud : 76°22'17''W

Altitud : 289 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTÍN

Provincia : SAN MARTÍN

Distrito : TARAPOTO

PERCEPCIÓN MÁXIMA CAÍDA EN 24 HORAS (mm)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMB	OCTUB	NOVIEMB	DICIEMB
1981	52.2	15.0	58.6	29.3	6.0	16.0	26.2	30.5	14.3	35.7	8.0	18.0
1982	41.1	97.0	26.9	65.0	30.0	76.0	13.0	6.0	16.0	22.0	22.01	31.8
1983	17.0	49.0	17.0	46.0	43.0	14.2	4.0	1.3	28.0	31.4	11.0	47.0
1984	10.0	42.0	15.0	18.0	69.0	18.0	3.0	18.0	17.0	8.0	24.0	18.0
1985	30.0	33.0	35.0	32.6	14.0	6.0	35.0	40.0	5.0	63.0	20.0	0.0
1986	40.0	62.0	23.0	33.0	12.0	17.0	18.0	12.0	20.0	25.0	23.0	61.8
1987	28.0	35.0	18.0	61.0	12.0	28.0	48.0	21.0	27.2	26.0	65.0	17.0
1988	12.0	69.0	55.0	36.0	31.2	6.0	4.0	48.0	22.0	12.0	40.0	30.0
1989	28.0	100.0	45.5	39.8	41.6	25.0	6.0	22.0	14.0	32.0	28.0	10.0
1990	54.0	35.0	19.0	58.0	14.0	33.0	51.0	25.0	15.0	20.0	43.0	16.0
1991	18.0	30.0	35.0	27.4	20.0	29.0	15.0	18.0	24.0	28.0	48.0	3.0
1992	20.0	18.0	55.0	22.0	7.0	6.0	20.0	25.0	24.0	36.0	19.0	27.0
1993	62.0	38.0	27.0	28.0	32.0	35.0	32.0	15.0	22.0	8.0	33.0	39.0
1994	25.0	18.0	32.0	42.0	8.0	76.0	61.0	12.0	30.0	32.0	59.0	54.0
1995	14.0	31.0	37.0	25.0	21.0	10.0	13.0	9.0	14.0	27.0	44.0	35.0
1996	65.0	15.0	42.0	19.0	25.0	15.0	10.0	21.0	14.0	16.0	18.14	53.11
1997	22.14	40.51	32.66	26.69	45.70	4.95	10.05	21.69	43.48	10.37	10.82	14.64
1998	28.01	34.33	23.04	51.90	24.73	34.86	10.52	7.77	31.01	32.09	10.60	32.30
1999	79.30	42.50	32.04	16.90	54.50	17.50	27.90	23.00	11.30	17.30	48.80	23.00
2000	27.50	34.20	15.60	34.70	30.20	12.60	17.50	52.60	82.50	19.40	24.20	30.30

FUENTE SENAMHI – San Martín

**ANEXO 4: REGISTRO DE ENSAYOS
REALIZADOS EN LABORATORIO**



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



OBRA : DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN
UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
SOLICITANTE : HELDER ARAUJO MEGO - DARWIN ROMAN CORDOVA
SUPERVISOR : ING. CALEB RIOS VARGAZ
:
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

**HUMEDAD NATURAL DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 70**

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO MUESTRA HUMEDA + TARA (gr.)	600.00	627.00	632.00
PESO MUESTRA SECA + TARA (gr.)	599.00	626.00	631.00
PESO DE AGUA	1.00	1.00	1.00
PESO DE TARA	100.00	127.00	132.00
PESO DE MUESTRA SECA	499.00	499.00	499.00
% DE HUMEDAD	0.20	0.20	0.20
PROMEDIO DE HUMEDAD (%)	0.20		

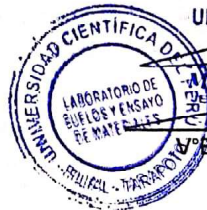
ESPECIFICACIONES : El ensayo de Humedad Natural del agregado grueso se realizó según las Normas ASTM C-70.

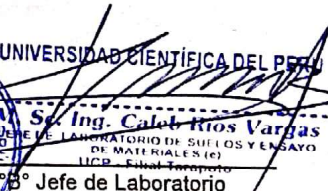
OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El porcentaje promedio de humedad del agregado grueso es 0.2%.




Helder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio




UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
Ing. Caleb Rios Vargas
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES (C)
UCP - Filial Tarapoto
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN

UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ.
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

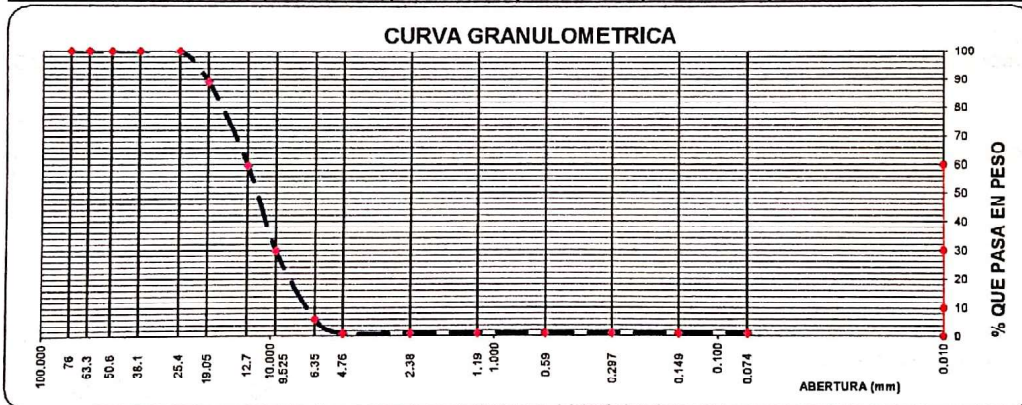
**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO GRUESO
ASTM C - 136**

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido	%Retenido		% Que Pasa	OBSERVACIONES
			Parcial	Acumulado		
3"	76.000					
2 1/2"	63.300					L. Líquido : N.P.
2"	50.600					L. Plástico : N.P.
1 1/2"	38.100					I. Plástico : N.P.
1"	25.400				100.00	Clas. SUCS : GP
3/4"	19.050	539.63	10.79	10.79	89.21	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
1/2"	12.700	1474.16	29.48	40.28	59.72	
3/8"	9.525	1491.24	29.82	70.10	29.90	
1/4"	6.350	1196.46	23.93	94.03	5.97	Peso de Muestra en Gr.
N°04	4.760	252.83	5.06	99.09	0.91	Muestra Seca : 5000.00
N°08	2.380	0.00	0.00	99.09	0.91	Muestra Lavada: 4954.32
N°16	1.190	0.00	0.00	99.09	0.91	
N°30	0.590	0.00	0.00	99.09	0.91	
N°50	0.297	0.00	0.00	99.09	0.91	
N°100	0.148	0.00	0.00	99.09	0.91	
N°200	0.074	0.00	0.00	99.09	0.91	
Pasa N°200		45.68	0.91			

MF : 6.81
TMN : 1/2"



ESPECIFICACIONES : El Análisis Granulométrico por tamizado del agregado grueso se realizó según ASTM C - 136, N. T. P. 400.011 y N.T.P. 400.012, los tamices cumple con los requisitos de la Norma ASTM E 11.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : Grava mal graduada, de color gris, húmeda y suelta, cantidad reducida de partículas finas, clasificada como GP - A-1-a (0).
El módulo de fineza del agregado grueso es 6.81.

[Signature]
Ing. Alexander Araujo Mezo
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales
UNCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio

[Signature]
Ing. Esteban Vargas
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales
UNCP - Filial Tarapoto
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN

UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ.
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 29

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	24905	24570	24535
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	19020	18685	18650
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.357	1.333	1.330
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m3)	1,340		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	52.14		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Suelto del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Suelto del agregado grueso es 1340 Kg/m3. Los vacíos en el agregado es igual a 52.14 % del volumen.



[Signature]
Elder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
[Signature]
Bc. Ing. Carlos Ríos Vargas
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES (e)
UCP - Filial Tarapoto
VºBº Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN

UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ.
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 29

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

Nº DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + MOLDE (gr.)	26930	26625	26420
PESO DE MOLDE (gr.)	5885	5885	5885
PESO DE MUESTRA	21045	20740	20535
VOLUMEN DE MOLDE	14020	14020	14020
PESO UNITARIO	1.501	1.479	1.465
PROMEDIO PESO UNITARIO (Kg/m ³)	1,482		
VACÍOS EN EL AGREGADO (%)	47.07		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Peso Unitario Compactado del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 29 y N.T.P. 400.017.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Unitario Compactado del agregado grueso es 1482 Kg/m³.
Los vacíos en el agregado es igual a 47.07 % del volumen.



[Signature]
Eider Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
[Signature]
Ing. Caleb Rios Vargas
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES (e)
UCP - Filial Tarapoto
B° Jefe de Laboratorio



DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN

UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERÚ.
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C - 127**

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

Agregado Grueso

N° DE ENSAYOS		1	2	PROMEDIO
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en aire)	2668.00	2667.00	
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seco+malla (en agua)	1874.00	1824.00	
C	Peso de malla (en aire)	668.00	668.00	
D	Peso de malla (en agua)	574.00	574.00	
E	Peso de Mat. Seco en Estufa + malla (aire)	2654.00	2650.00	
F	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en aire) = (A-C)	2000.00	1999.00	
G	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en agua)=(B-D)	1300.00	1250.00	
H	Vol. Masa + Vol. de Vacío = (E-F)	700.00	749.00	
I	Peso de Mat. Seco en Estufa (105°C) = E-C	1986.00	1982.00	
J	Vol. Masa = (H-(F-I))	686.00	732.00	
Peso Especifico de Masa (Base Seca)= (I/H)		2.837	2.646	2.74
Peso Especifico de Masa (S.S.S)= (F/H)		2.857	2.669	2.76
Peso Especifico Aparente= (I/J)		2.895	2.708	2.80
% de Absorción = ((F-I)/I)*100		0.70	0.86	0.78

ESPECIFICACIONES : El ensayo Gravedad Específica y Absorción del agregado grueso se desarrolló según las Normas ASTM C 127 y N.T.P. 400.021.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del Peso Especifico del agregado grueso es 2.74 gr/cc.
El promedio del % de Absorción del agregado grueso es 0.78%.



[Signature]
Elder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
[Signature]
Sc. Ing. Caleb Ríos Vargas
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES (4)
UCP - Filial Tarapoto
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN

UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
SOLICITANTE : UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA POR EL TAMIZ N°200 GRUESO
ASTM C - 117

DATOS DE CAMPO

Cantera : BUENOS AIRES
Ubicación : PROVINCIA DE PICOTA
Fecha ensayo : 05/05/2019

N° DE ENSAYOS	1	2	3
PESO DE MUESTRA + TARA (gr)	1100.00	1125.00	
PESO DE MUESTRA LAVADA + TARA (gr)	1098.00	1117.00	
PESO DE TARA (gr)	100.00	125.00	
% QUE PASA LA MALLA N°200	0.20	0.80	
PROMEDIO DE % QUE PASA MALLA N°200	0.50		

ESPECIFICACIONES : El ensayo de Cantidad de Material Fino que Pasa por el Tamiz N°200 se desarrolló según la Norma ASTM C 117.

OBSERVACIONES : El material empleado en este ensayo, corresponde a piedra chancada de color gris, trasladada al laboratorio por el solicitante.

RESULTADOS : El promedio del porcentaje que pasa la malla N°200 del agregado fino es 0.5 %.



[Signature]
Elder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



[Signature]
Ing. Caleb Hinojosa Vargas
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales (C)
UCP - Filial Tarapoto
Jefe de Laboratorio

**ANEXO 5: REGISTRO DE ENSAYOS A LA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



OBRA : DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA
EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN
UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGION SAN MARTIN.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
SOLICITANTE : HELDER ARAUJO MEGO - DARWIN ROMAN CORDOVA
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

ENSAYO DE COMPRESIÓN
DE DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO
ASTM C - 39

F'c de Diseño : 175 Kg/cm²


N° MSL	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	10/05/2019	17/05/2019	7	15.00	134.3	13,693	177	77	92
2	TESTIGO	10/05/2019	17/05/2019	7	15.00	178.3	18,180	177	103	
3	TESTIGO	10/05/2019	17/05/2019	7	15.00	173.4	17,680	177	100	
4	TESTIGO	10/05/2019	17/05/2019	7	15.00	155.1	15,819	177	89	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.
- Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día 10 de Mayo de 2019
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.
- Las probetas fueron curadas 7 días.

RESULTADOS : - Con una resistencia promedio a la compresión de $f_c = 92$ Kg/cm².
- las probetas tienen en promedio 11.11 kg.




Helder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio




UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
Sr. Ing. Carlos Ríos Vargas
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES (E)
UCP - Filial Tarapoto
Jefe de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Y ENSAYOS DE MATERIALES



OBRA : DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA
EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN
UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGIÓN SAN MARTIN.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
SOLICITANTE : HELDER ARAUJO MEGO - DARWIN ROMAN CORDOVA
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

ENSAYO DE COMPRESIÓN
DE DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO
ASTM C - 39

F'c de Diseño : 175 Kg/cm²

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaciado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	10/05/2019	24/05/2019	14	15.00	181.9	18,549	177	105	102
2	TESTIGO	10/05/2019	24/05/2019	14	15.00	179.3	18,284	177	103	
3	TESTIGO	10/05/2019	24/05/2019	14	15.00	163.9	16,713	177	94	
4	TESTIGO	10/05/2019	24/05/2019	14	15.00	180.7	18,426	177	104	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.
- Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día 10 de Mayo de 2019
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.
- Las probetas fueron curadas 14 días.

RESULTADOS : - Con una resistencia promedio a la compresión de $f_c = 102$ Kg/cm².
- las probetas tienen en promedio 11.05 kg.



Helder Araujo Mego

Helder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ

Calvin Ríos Vargas
M.Sc. Ing. Calvin Ríos Vargas
Jefe de Laboratorio de Suelos y Ensayo de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
V°B° Jefe de Laboratorio



OBRA : DISEÑO DE UN CONCRETO PERMEABLE CON AGREGADO GRUESO DEL RIO HUALLAGUA
EN LA CIUDAD DE TARAPOTO, PROVINCIA Y REGION DE SAN MARTIN
UBICACIÓN : UCP-TARAPOTO - PROVINCIA DE SAN MARTIN - REGION SAN MARTIN.
ENTIDAD : UNIVERSIDAD CIENTIFICA DEL PERU
SOLICITANTE : HELDER ARAUJO MEGO - DARWIN ROMAN CORDOVA
FECHA : TARAPOTO, 05 DE MAYO DE 2019.

ENSAYO DE COMPRESIÓN

DE DISEÑO PRELIMINAR DE CONCRETO
ASTM C - 39

F'c de Diseño : 175 Kg/cm²

N° Mst.	Estructura o Identificación	Fecha de Vaclado	Fecha de Ensayo	Edad (días)	Diam. (cm)	Carga Max.(KN)	Carga Max.(Kg)	Area (cm ²)	Res. Obt. (Kg/cm ²)	Resist. Promedio
1	TESTIGO	10/05/2019	07/06/2019	28	15.00	280.3	28,584	177	161	159
2	TESTIGO	10/05/2019	07/06/2019	28	15.00	278.7	28,416	177	161	
3	TESTIGO	10/05/2019	07/06/2019	28	15.00	265.1	27,033	177	153	
4	TESTIGO	10/05/2019	07/06/2019	28	15.00	279.9	28,543	177	161	

OBSERVACIONES : - Los Ensayos se realizaron según las Normas ASTM C-39 y N.T.P. 339.034.

ESPECIFICACIONES : - Las probetas se ensayaron con almohadillas de neopreno en la parte superior e inferior.
- Las probetas fueron elaboradas en el Laboratorio, el día 10 de Mayo de 2019
- El Laboratorio solo se responsabiliza por el ensayo y determinación del resultado.
- Las probetas fueron curadas 28 días.

RESULTADOS : - Con una resistencia promedio a la compresión de $f_c = 159$ Kg/cm².
- las probetas tienen en promedio 11.00 kg.



Helder Araujo Mego
Helder Araujo Mego
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales
UCP - Filial Tarapoto
Asistente de Laboratorio



So. Ing. Caleb Ríos Vargas
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ
LABORATORIO DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Jefe de Laboratorio