

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS
DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO, EN LA
CIUDAD DE JAÉN – CAJAMARCA**

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

**Autor (es) : Bach. José Ronald Estela Horna
Bach. José Vento Vásquez Quispe**

Asesor (a) : Ing. César Jesús Díaz Coronel

JAÉN – PERÚ, FEBRERO, 2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 21 de Febrero del año 2020; siendo las 11:00 horas, se reunieron los **Miembros del Jurado Evaluador**:

Presidente Dr. MANUEL EMILIO MILLA PINO
Secretario Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN
Vocal Mg. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA

Para evaluar la Sustentación del **INFORME FINAL DE TESIS**; titulado: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO, EN LA CIUDAD DE JAÉN-CAJAMARCA", presentado por los **Bachilleres JOSÉ RONALD ESTELA HORNA y JOSÉ VENTO VÁSQUEZ QUISPE** de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, los **Miembros del Jurado Evaluador acuerdan**:

Aprobar () Desaprobar Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	<u>(14)</u>
Regular	13	()
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 12:20 horas del mismo día, los Miembros del Jurado Evaluador concluyen el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Mg. BILLY ALEXIS CAYATOPA CALDERÓN
Secretario Jurado Evaluador

Dr. MANUEL EMILIO MILLA PINO
Presidente Jurado Evaluador

Mg. CHRISTIAAN ZAYED APAZA PANCA
Vocal Jurado Evaluador

ÍNDICE

ÍNDICE.....	I
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VI
RESUMEN.....	VII
ABSTRAC.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema.....	1
1.2. Formulación del Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Hipótesis.....	3
1.5. Antecedentes.....	3
1.5.1. Internacionales.....	3
1.5.2. Nacionales.....	7
1.6. Bases teóricas.....	8
1.6.1. Definición del concreto.....	8
1.6.2. Concreto Poroso.....	9
1.6.3. Permeabilidad en el Concreto.....	12
1.6.4. Materiales del Concreto.....	14
1.6.5. Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto.....	18
1.6.6. Ensayos de Laboratorio.....	22
II. OBJETIVOS:.....	24
2.1. Objetivo general.....	24
2.2. Objetivos específicos.....	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Materiales.....	24

3.1.1.	Agregado Grueso	24
3.1.2.	Cemento.....	25
3.1.3.	Agua	26
3.1.4.	Partículas de Caucho Reciclado	26
3.2.	Métodos	27
3.3.	Diseño de la Investigación	27
3.4.	Ubicación de la zona de estudio	27
3.5.	Población y Muestra	28
3.5.1.	Unidad de Estudio	28
3.5.2.	Población	28
3.5.3.	Muestra	28
3.6.	Instrumentos de recolección de datos	31
3.6.1.	Agregados.....	31
3.6.2.	Concreto Poroso	31
3.7.	Procedimientos de la Investigación	32
3.7.1.	Trituración de Neumáticos	33
3.7.2.	Adquisición de los materiales.....	33
3.7.3.	Control de las características físicas y mecánicas del agregado grueso	33
3.7.4.	Diseño Concreto Poroso	37
IV.	RESULTADOS	48
4.1.	Diseño de mezclas.	48
4.2.	Ensayos de control de calidad del concreto fresco	49
4.2.1.	Peso unitario del concreto en estado fresco.....	49
4.2.2.	Porcentaje de vacíos en el concreto poroso en estado fresco	50
4.2.3.	Trabajabilidad -Slump	52
4.3.	Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto	52
4.3.1.	Resistencia promedio del concreto con respecto al diseño de mezclas.....	52

4.3.2.	Resistencia promedio de los testigos con respecto al tiempo de curado.	54
4.4.	Permeabilidad de testigos cilíndricos de concreto poroso	57
4.4.1.	Permeabilidad promedio con respecto al % de adición de caucho reciclado.	57
4.5.	Análisis estadístico de los resultados	58
4.5.1.	Análisis estadístico de resultados de Resistencia a la compresión	58
4.5.2.	Análisis estadístico de resultados de Permeabilidad de los testigos.....	59
V.	DISCUSIÓN.....	61
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6.1.	Conclusiones	62
6.2.	Recomendaciones	62
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	DEDICATORIA.....	66
	AGRADECIMIENTO	67
	ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Consistencia (Slump)	18
Tabla N° 2. Normas Técnicas para ensayos de laboratorio para agregados.....	23
Tabla N° 3. Normas Técnicas de ensayos de laboratorio para el concreto	23
Tabla N° 4. Coordenadas de ubicación	24
Tabla N° 5. Propiedades físicas del Cemento Portland Tipo I.....	25
Tabla N° 6. Matriz de variables y combinaciones de estudio para la resistencia a la compresión	29
Tabla N° 7. Matriz de variables y combinaciones de estudio para la permeabilidad.....	30
Tabla N° 8. Granulometría de agregado grueso para concreto portland	35
Tabla N° 12. Diseño de mezcla de concreto poroso con adición de 15% de partículas de caucho reciclado	49
<i>Tabla N° 13.</i> Resumen de pesos unitarios en estado fresco	49
Tabla N° 14. Resumen de porcentajes de vacíos en estado fresco	51
Tabla N° 15. Resultados de Trabajabilidad - Slump	52
Tabla N° 16. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 7 días de curado	52
Tabla N° 17. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 14 días de curado.	53
Tabla N° 18. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 28 días de curado	53
Tabla N° 23. Relación de Permeabilidad Vs. % de adición de caucho reciclado, medidos a los 14 días	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Concreto Permeable.....	10
Figura N° 2. Desarrollo urbano de bajo impacto.....	13
Figura N° 3. Partículas de Caucho Reciclado	17
Figura N° 4. Relación entre Contenido de Pasta de cemento y porcentaje de Vacíos	20
Figura N° 5. Permeámetro de Carga Variable.....	21
Figura N° 6. Relación entre el contenido de aire y la tasa de filtración.....	21
Figura N° 7. Gráfico de esfuerzo a Compresión Vs. Contenido de Aire	22
Figura N° 8. Ubicación Geográfica de la Cantera "Santa Rosa"	25
Figura N° 9. Cemento Pacasmayo Tipo I.....	26
Figura N° 10. Partículas de Caucho Reciclado	26
Figura N° 11. Ubicación Geográfica de la Ciudad de Jaén.....	28
Figura N° 12. Organigrama de las Muestras	30
Figura N° 13. Esquema General de la investigación.....	32
Figura N° 14. Peso Unitario y Vacíos del Agregado.....	34
Figura N° 15. Análisis granulométrico del agregado grueso	34
Figura N° 16. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	36
Figura N° 17. Secado a estufa del agregado grueso	37
Figura N° 18. Efecto de la inclusión de pasta de cemento en el árido con alto contenido inicial de vacíos	38
Figura N° 19. Elaboración de concreto poroso	40
Figura N° 20. Ensayo de trabajabilidad del concreto poroso fresco – Slump.....	41
Figura N° 21. Peso unitario del concreto fresco.....	42
Figura N° 22. Elaboración y curado de testigos de concreto poroso.....	44
Figura N° 23. Ensayo a compresión de testigos cilíndricos	45
Figura N° 24. Ensayo de permeabilidad con permeámetro de carga variable.....	47
Figura N° 25. Curva de Tendencia de pesos unitarios en estado fresco.....	50
Figura N° 26. Curva de tendencia de porcentajes de vacíos en estado fresco.....	51
Figura N° 27. Comportamiento de la Resistencia a la compresión con respecto al diseño de mezclas.	54
Figura N° 28. Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del concreto poroso ...	56
Figura N° 29. Comportamiento de la Permeabilidad con respecto al diseño de Mezclas...	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO	69
ANEXO 2.RESULTADOS DE DISEÑO DE MESCLAS	74
ANEXO 3. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO	83
ANEXO 4. RESULTADOS DE PERMEABILIDAD DE TESTIGOS DE CONCRETO POROSO	90
ANEXO 5. ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS	95

RESUMEN

En la presente investigación se determinó el comportamiento del concreto permeable al adicionarle tres dosificaciones de partículas de caucho reciclado, se evaluó la resistencia a la compresión y permeabilidad, con tres porcentajes de partículas de caucho reciclado. Se diseñó la mezcla con 17% y Slump 0, se evaluó cuatro mezclas, tres tratamientos de partículas de caucho reciclado (5%, 10% y 15%) más un patrón (0%), para los ensayos de compresión axial se elaboraron 18 probetas por cada muestra las cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días de curado según norma ASTM C 39, haciendo un total de 72 probetas, para ensayos de permeabilidad se elaboraron 6 probetas por cada muestra las cuales se ensayaron a los 14 y 28 días, haciendo un total de 48 probetas. Los resultados muestran que las partículas de caucho reciclado si modifican las propiedades del concreto permeable, elevando la permeabilidad de manera significativa, por otro lado la resistencia a la compresión disminuye a medida que se le añade una mayor cantidad de partículas de caucho reciclado.

Palabra clave: Concreto poroso, concreto permeable, permeabilidad, resistencia a la compresión, partículas de caucho reciclado.

ABSTRAC

This researching concluded that the behavior of permeable concrete was determined by adding three dosages of recycled rubber particles; we evaluated compressive strength and permeability with three percentages of recycled rubber particles. The mixture was designed with 17% and Slump 0; we evaluated four mixtures, three treatments of recycled rubber particles (5%, 10% and 15%) plus a standard (0%) were evaluated; for the axial compression tests 18 specimens were developed, for each one we tested at 7, 14 and 28 days of curing according to ASTM C 39, making a total of 72 specimens, for permeability tests 6 specimens were made for each sample which were tested at 14 and 28 days, making a total of 48 specimens. The results show that recycled rubber particles do modify the properties of permeable concrete, raising permeability significantly, on the other hand the compressive strength decreases as a greater amount of recycled rubber particles is added.

KEYWORDS: recycled rubber particles, compressive strength, permeability, porous concrete, permeable concrete

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

Actualmente, el tema de protección y conservación del medio ambiente se ha convertido en eje transversal del desarrollo de los países, generando consigo cambios climáticos donde ha permitido darse cuenta del nivel al que el planeta se ha estado deteriorando por la falta de atención al daño tan elevado y acelerado que se ha provocado en él, obligando a impulsar la búsqueda de nuevos métodos de construcción sostenible, en este sentido, la tecnología del concreto responde con las características de sostenibilidad que refuerzan al material de un nuevo mercado.

Ante el excesivo uso de pavimentos impermeables en las zonas urbanas el suelo tiene cada vez menos fuentes de abastecimiento para la recarga de mantos acuíferos; el concreto poroso es una alternativa de solución a esta problemática pues permite la filtración del agua hacia el suelo, además se ha observado la existencia de otros productos como es el caucho de neumáticos que una vez utilizadas son desechadas a vertedero o quemadas perjudicando considerablemente el medio ambiente.

Una de las principales motivaciones de esta investigación se basa en la búsqueda de una alternativa para el procesamiento de Neumáticos en desuso mediante su reutilización en materiales usados en la construcción, al adicionar partículas de caucho reciclado a una mezcla de concreto poroso se determinó como afecta su comportamiento físico mecánico específicamente en compresión y permeabilidad; además se estableció las cantidades proporcionales más convenientes a adicionar para obtener mejores resultados de este material.

Ante la falta de concretos alternativos a los convencionales se planteó la incorporación de partículas de caucho en concreto poroso, proporcionando beneficios positivos principalmente en la permeabilidad, pero inversamente a la resistencia a la compresión.

1.2. **Formulación del Problema**

¿De qué manera influye la incorporación de partículas de caucho reciclado en el concreto poroso?

1.3. **Justificación**

Jaén es una ciudad de superficies permeabilizadas debido al uso excesivo de concreto hidráulico convencional en la construcción de obras pavimentadas la cual genera la alteración del ciclo natural y teniendo en cuenta la contaminación ambiental que se genera al tener que extraer o explotar las diferentes canteras que existen en la zona de Jaén para la elaboración de concreto, también existe la posibilidad de poder sustituir de alguna manera parte del agregado por caucho de neumático reciclado y así lograr obtener un nuevo producto como lo es un concreto poroso, facilitando en la infraestructura vial mejoras en el hidropavimento vehicular, reduciendo los picos de caudal de escorrentía generados por el agua pluvial en la zona.

El concreto como material sostenible ha desarrollado ampliamente su versatilidad, es por eso que el concreto permeable es considerado uno de los que más ayudan a reducir o mitigar el impacto de la construcción en el medio ambiente. Este tipo de concreto, es una mezcla de alta porosidad, que se obtiene por la interconexión de vacíos. Los poros que están interconectados tienen en promedio tamaños entre 2 y 8 mm; permitiendo de esta forma el paso del agua fácilmente a través de la estructura. (Silva, 2015)

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer una vez usados constituye uno de los problemas medioambientales, más graves en los últimos años en todo el mundo. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar el neumático de un camión) y también provoca, si no es convenientemente reciclado, gran contaminación ambiental al formar parte generalmente de vertederos incontrolados. (Esteve, 2012)

Tomando en consideración los conocimientos ya brindados en otras investigaciones, podemos sumarse a estas y así obtener nuevas opciones de solución en la infraestructura vial y urbanístico de nuestra ciudad.

1.4. **Hipótesis**

La adición del 5% de partículas de caucho reciclado incrementa en un 20% la permeabilidad y reduce en un 5% la resistencia a la compresión del concreto poroso.

1.5. **Antecedentes**

1.5.1. Internacionales

(Mendoza & Ospina, 2018) se concluye que: Se realizó la caracterización de los materiales a utilizar para esta mezcla, haciendo énfasis en la aplicación para un concreto de resistencia de 4000 psi, realizando análisis de laboratorios pertinentes y recopilando información de las investigaciones anteriores, aunque como resultado se obtiene una mezcla con menor resistencia la cual no se llega a lo que pretende esta investigación se recomienda ser utilizada en losa donde la resistencia sea 2500 psi. Se realizó caracterización de material al agregado grueso; partículas entre ½” y 3/8” de tamaño máximo nominal; basados en estudios e investigaciones anteriores para nuestro diseño no se utilizaron arenas porque necesitamos un diseño totalmente poroso. Debido a que experimentalmente no se pudo construir una mezcla permeable rígida que cumpla con la resistencia exigida para una de concreto rígido MR-42, se recomienda en este estudio aumentar la cantidad de Fibra Tuf - Strand sf de Toxement, la cual proporciona un reemplazo de la malla electro soldada y las fibras. La mezcla obtenida como se menciona anteriormente no cumple con una resistencia alta para ser utilizada como capa de rodadura para un tránsito vehicular, pero si cumple como mezcla permeable la cual puede infiltrar los caudales altos productos de la escorrentía y así poder evitar deterioros en el pavimento.

(González, 2017) Realiza 3 mezclas de concreto permeable, el primero de mezcla convencional, el segundo y tercero adicionando 4% y 2% de caucho reciclado afirmando lo siguiente: Con base en los ensayos realizados se observa que el caucho

tiene un efecto benéfico en relación a la resistencia a compresión del concreto permeable pero negativo en cuanto a su resistencia a compresión.

En cuanto a la cantidad de material de caucho a adicionar a una mezcla puede decirse que, en una cantidad adecuada, este caso fue del 2 % del peso de los agregados, el caucho actúa posiblemente como un disipador de energía, permitiendo al material aumentar su resistencia a flexión; sin embargo, en cantidades mayores a las mencionadas, la resistencia a compresión se ve considerablemente afectada mientras que el comportamiento en flexión, aunque es superior al de una mezcla convencional no es el óptimo que pudiera obtenerse al adicionar caucho. Existen ciertos factores que pudieran mejorar el desempeño de una mezcla adicionada con caucho, tal es el caso de una distinta granulometría o su proporción en distintos diseños de mezcla

(Pérez & Arrieta, 2017) En donde afirma lo siguiente: Con el ensayo de la resistencia a compresión la disminución fue considerable respecto al concreto tradicional, esto debido a la porosidad que se origina en la muestras con adicción de caucho reciclado, además a la baja adherencia que existe entre la pasta de concreto y el caucho este último a su baja absorción de agua no se entrelaza lo suficiente a la mezcla en estado fresco, es necesario recalcar que el caucho tiene la habilidad de experimentar grandes deformaciones elásticas antes de la falla, es decir se deforma mucho más que la pasta de concreto que lo envuelve.

La resistencia a la tracción indirecta se vio de la misma forma afectada por la sustitución de caucho reciclado, pero a los 28 días de edad fue recuperando su resistencia a la tracción, es posible que el espécimen desarrolle mucho más su resistencia con edades de curado posteriores a estos, hay que mencionar además que la mezcla con un porcentaje de caucho grueso mayor proporciona mejores características al concreto e incluso mejora la adherencia entre la pasta y el caucho, este comportamiento se presentó en el momento que sucedió las fracturas al aplicar carga a los especímenes estos no se separaron gracias a las propiedades de ductilidad del caucho y su capacidad de absorción de energía.

(Cardona, 2017) El objetivo de esta investigación es trabajar el hormigón con 3 tipos de cemento para ver el mejor resultado de estos, por lo que se realizó el estudio de 15 cilindros y 3 vigas con los diferentes tipos de cemento que existe en la ciudad de

Quito y se realizaron ensayos a pruebas de comprensión, flexión y permeabilidad llegando a afirmar que: Con respecto a las propiedades mecánicas se pudo observar que los especímenes de cemento hidráulico presentaron la mayor resistencia a compresión, seguidos por los cilindros de cemento Portland, y los especímenes de cemento Portland Puzolánico tipo IP fueron los que presentaron la menor resistencia a compresión. Cabe resaltar que, si bien los resultados obtenidos no fueron concluyentes, sí indican que la pasta de los diferentes cementos influye en la resistencia a compresión de los cilindros, como se puede observar en la relación entre resistencia a compresión y densidad de los cilindros donde los cilindros de cemento hidráulico alcanzaron la mayor resistencia, aun teniendo la menor densidad entre todos los especímenes. Los resultados obtenidos para resistencia a compresión de los cilindros indicaron que el cemento hidráulico es el que otorga mejores propiedades al hormigón permeable.

Con respecto a la resistencia a flexión de los especímenes no se logró tener resultados concluyentes debido al mecanismo de falla de las vigas, que derivaron en cargas de falla similares en todas las vigas. Los resultados obtenidos para resistencia a flexión reflejaban que ninguna característica mecánica de los especímenes de hormigón permeable (porcentaje de vacíos, densidad, etc.) tenían influencia en la resistencia de las vigas, lo cual contradice al comportamiento general del hormigón permeable.

(Castañeda & Moujir, 2014) En esta investigación se realizaron 3 mezclas diferentes, con finos, sin finos y concreto convencional, afirmando lo siguiente: La relación que existe entre la porosidad y la resistencia del concreto son inversamente proporcionales, es decir a mayor cantidad de poros menor es la resistencia del concreto. En esta investigación, pese a que la mezcla Tipo I posee menor cantidad de vacíos, se comporta mejor mecánicamente que la mezcla Tipo II que posee una mayor cantidad de vacíos.

Según los resultados de los ensayos realizados y la información que se recolectó para la elaboración del documento, el concreto poroso Tipo I se puede utilizar para una estructura de concreto como capa de rodadura en tráfico ligero o liviano. Implementándose en estacionamientos, ciclo vías, andenes peatonales, entre otras.

El concreto poroso Tipo I, desarrollado en la investigación, contribuye con la disminución de la escorrentía superficial, ya que la gran cantidad de poros que

contiene le otorga la propiedad mecánica de la permeabilidad, haciendo que los fluidos atraviesen su estructura con mayor facilidad que el concreto convencional.

El agregado grueso de ½ pulgada en la mezcla del concreto tipo I, le permite una mejor manejabilidad a la mezcla, de aquí se infiere que para estos concretos lo ideal es utilizar agregado grueso con tamaños máximos inferiores.

El peso unitario del concreto poroso, depende principalmente del porcentaje de vacíos y las propiedades físicas del agregado grueso, en particular del peso específico del agregado.

La resistencia promedio a la compresión y a la flexión de la mezcla Tipo I con finos, es 7.71% y 3.0% mayor que la mezcla Tipo II sin finos respectivamente. Por lo que se puede asegurar que la presencia de finos, brinda una mayor cohesión a la pasta que llena los intersticios del agregado grueso, brindándole a las partículas una mayor superficie de contacto, lo que le permite a la mezcla comportarse mejor frente a los esfuerzos de compresión y flexión.

La permeabilidad promedio de mezcla Tipo II sin finos, es mayor que la mezcla Tipo I con Finos, debido a que hay un volumen mayor de vacíos en los intersticios del agregado grueso en la mezcla Tipo I y en la mezcla Tipo II estos vacíos son ocupados por la pasta con finos.

(Porrás, 2017) según su investigación llega a concluir que: Se formuló realizar una propuesta de metodología de diseño de concreto permeable que toma en cuenta las características de forma del agregado, cemento a utilizar, relación A/C y energía de compactación a aplicarse; sumado a esto se propusieron índices de compactación propios asociados a energías de compactación específicas.

Se observó al trabajar con las mezclas en estado fresco que para la relación A/C de 0,25 la trabajabilidad era muy baja con lo cual se hacía difícil el manejo de esta, para la relación de 0,27 a pesar de ser un aumento pequeño la diferencia en la trabajabilidad es apreciable debido a lo que se ha mencionado respecto a lo delicado que llega a ser el tema del agua; de la misma manera y como era de esperarse para la relación de 0,30 la trabajabilidad mejora aún más.

(Pieralisi, 2016) en su tesis doctoral afirma lo siguiente: Las influencias de dos curvas de graduación agregadas (5 a 12 mm y 9 a 20 mm) en el proceso de compactación

fueron analizados experimentalmente. Este estudio Reveló que las composiciones con menor tamaño de agregados necesitaban presiones más altas para aumentar el nivel de compactación para lograr un grado de compactación igual al 10%, con presiones promedio de 0.73 MPa y se obtuvieron 0,48 MPa para las muestras con curvas de clasificación agregadas entre 5 a 12 mm y 9 a 20 mm, respectivamente.

1.5.2. Nacionales

(Arteaga & Patiño, 2018) Concluye lo siguiente: Se afirma la Hipótesis que se menciona con anterioridad y dice, que la proporción del agregado grueso varía para cada uno de los contenidos de vacío y diseño de mezcla del concreto permeable; pero para obtener un contenido de vacíos y diseño de mezcla ideal con aditivo SikaCem para pavimentos, la proporción del agregado grueso debe ser 183.96 kg por bolsa de cemento; lo que dará como resultado un 18% de contenido de vacíos con una resistencia a la compresión de 195kg/cm² y una permeabilidad de 7.99 mm/min, siendo éste el diseño de mezcla el más adecuado para un concreto permeable por cumplir la resistencia a la compresión y permeabilidad normado por el ACI los que son de 2..8 MPa a 28MPa y 81 a 730 l/min/m² respectivamente.

(Leyva & Palomino, 2016) en la tesis “Evaluación comparativa de la permeabilidad, resistencia a la compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupichu, Abril y Huillque” de los resultados se afirma qué: de los tres tamaños de agregados que se elaboraron las mezclas de concreto poroso, y el valor más alto en permeabilidad que nos brinda es el agregado de 1/2” que la de 3/8” y 1/4”, pero con respecto a resistencia a compresión la que presenta alta resistencia es el agregado de 1/4” que la de 3/8” y 1/2” respectivamente.

(Guzmán & Guzmán, 2015) en su investigación concluye que: La sustitución parcial de los áridos en un C5%-FCR-G y C5%-FCR-F mejoró algunas propiedades físicas y mecánicas del concreto, y ello se comprueba en el modelamiento estructural de una edificación, que tuvo un comportamiento elástico aceptable, por lo que se recomienda el uso de este porcentaje de sustitución del árido. Por otro lado, el C15%-

FCR y C25%-FCR disminuyó las propiedades físicas y mecánicas del concreto, por lo que no se recomienda su uso.

En la elaboración de la mezcla patrón de concreto concluimos que para la elección de la resistencia promedio requerida a una resistencia de diseño a compresión de 210 kg/cm², a los 28 días, debe estar entre un rango de 294 kg/cm² (según el método ACI-211), y debido a que no se contaba con una desviación estándar, se obtuvo una dosificación promedio de 282.7 kg/cm², siendo un diseño bastante aceptable.

(Aquino, 2015) afirma lo siguiente: Se evaluó las propiedades físicos-mecánicas de las mezclas de concreto ecológico con fibras de polipropileno de donde se obtuvieron resultados favorables así como: una consistencia seca de la mezcla, poca trabajabilidad y manejo, una resistencia a los 28 días de 17.67 MPa (180.18 kg/cm²) a compresión, 2.80 MPa (28.55 kg/cm²) a flexión, una permeabilidad de 21.32 mm/s, un peso unitario de 2050.44 kg/m³, un módulo de elasticidad de 16777.61 MPa (171084.00 kg/cm²). Con la mezcla de diseño final de concreto ecológico con aditivo polifuncional y fibras de polipropileno se obtuvo los siguientes resultados: una consistencia seca de la mezcla, buena trabajabilidad y manejo, una resistencia a los 28 días de 18.67 MPa (190.38 kg/cm²) a compresión, 3.01 MPa (30,69 kg/cm²) a flexión, una permeabilidad de 21.53 mm/s, un peso unitario de 2064.71 kg/m³, un módulo de elasticidad de 17436.02 MPa (177797.92 kg/cm²).

1.6. Bases teóricas

1.6.1. Definición del concreto

En términos generales, el concreto u hormigón puede definirse como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), un material de relleno (agregados o áridos), agua y eventualmente aditivos, que al endurecerse forma un todo compacto (piedra artificial) y después de cierto tiempo es capaz de soportar grandes esfuerzos de compresión. (Sanchez, 2001, pág. 19)

El concreto es un producto artificial compuesto que consiste de un medio ligante denominado pasta, dentro del cual se encuentran embebidas partículas de un medio ligado denominado agregado.

La pasta es el resultado de la combinación química del material cementante con el agua. Es la fase continua del concreto dado que siempre está unida con algo de ella misma a través de todo el conjunto de este.

El agregado es la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas o en contacto unas con otras, sino que se encuentran separadas por espesores diferentes de pasta endurecida.

Las propiedades del concreto están determinadas fundamentalmente por las características físicas y químicas de sus materiales componentes, pudiendo ser mejor comprendidas si se analiza la naturaleza del concreto. (Rivva, 2000, pág. 8)

El concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia.

$$\text{Concreto} = \text{Cemento Portland} + \text{Agregado} + \text{Aire} + \text{Agua}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material homogéneo. Algunas veces añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2009, pág. 11)

1.6.2. Concreto Poroso

De acuerdo con el ACI-522R, el concreto permeable es un material de estructura abierta con revenimiento cero, compuesto por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de finos, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material endurecido con poros interconectados, cuyo tamaño varía de 2 a 8 mm lo que permite el paso de agua. El contenido de vacíos puede variar de un 18 a un 35 por ciento, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa. Su velocidad 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. (Aire, 2010)

Es un tipo de concreto especial que se caracteriza por contener un porcentaje casi nulo de agregado fino lo que genera un alto grado de porosidad o vacíos interconectados que permiten el paso del agua a través de su estructura. A lo largo de

la historia, el concreto permeable ha tenido variantes en su utilización, según el contexto de la época y las necesidades presentadas; sin embargo, siempre se ha caracterizado por la ausencia de finos en su composición. (González, 2017, págs. 27, 28)

En el concreto, que habitualmente es una mezcla de agregados, cemento y agua; durante el proceso de mezcla una cierta cantidad de aire se mezcla en el concreto, esta junto con el agua invaden un espacio dentro del concreto aún después que el concreto sea colocado en el lugar y durante las primeras etapas del fraguado.

Después de que el concreto es colocado y empieza el proceso de fraguado, los componentes más pesados tienden a asentarse en el fondo mientras los más livianos emergen a la superficie (tales como el agua o el aire).

Consecuentemente, el agua al ser más liviana que los agregados y la pasta de cemento, tiende a flotar (exudación) y posteriormente a evaporarse. Durante el proceso de exudación y evaporación, pequeñas cantidades de agua se mueven en todas direcciones, las mismas que al terminar de evaporarse dejan millones de intersticios entrecruzados en todas direcciones. (Moreno, 2015, pág. 1)



Figura N° 1. Concreto Permeable

Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/infraestructura-sostenible-ventajas-del-concreto-permeable>

Requisitos de las Mezclas de Concreto

Las mezclas de concreto deberán cumplir con los siguientes requisitos básicos:

- a. Esta mezcla deberá estar libre de segregación y tener una exudación mínima.
- b. La mezcla endurecida deberá tener las propiedades especificadas en función del empleo que se va a dar a la estructura.
- c. El costo de la unidad cubica de concreto endurecido deberá ser el mínimo compatible con la calidad deseada.(Rivva, 2000, págs. 8,9)

Hidratación y Curado del Concreto

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad, condiciones de curado favorables, y tiempo. Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada. (Rivva, 2000, pág. 12)

Ventajas y Desventajas del Concreto Poroso

El concreto permeable presenta múltiples ventajas sobre el concreto convencional, además, de ser más económico y ecológico. Entre estas ventajas se encuentran:

- Gracias a su capacidad permeable, permite la filtración del agua pluvial hacia el suelo, contribuyendo a recargar los mantos acuíferos.
- Evita que gran parte del agua escurra por las calles, contaminándose y uniéndose a las aguas negras en los sistemas de drenaje.
- Dada su estructura, existe menos posibilidad de formación de baches o deformaciones.
- Debido a su naturaleza porosa y color, contribuye a reducir las islas de calor en las ciudades.
- Disminuye las distancias de frenado de los vehículos y evita el deslizamiento de los mismos en condiciones de lluvia.
- Por su composición y estructura, ayuda a reducir los ruidos generados por rodamiento y en otros usos, tiene propiedades de aislamiento acústico.

- Su elaboración no requiere de mano de obra especializada y puede fabricarse con la misma facilidad que el concreto convencional.
- Presenta cierta versatilidad de acabados, como color o textura, añadiendo estética a las estructuras.
- Es más económico que el concreto convencional y es menos susceptible a presentar fisuras o deformaciones.

(González, 2017, págs. 30,31)

Entre las principales desventajas del concreto permeable se encuentran:

- Eventualmente puede darse una pérdida de permeabilidad debido a la obstrucción de sus poros por intrusión de sólidos como polvo o arena.
- Esto hace necesario un mantenimiento utilizando agua a presión o succión por aspiradora.
- Presenta una resistencia al desgaste menor que la del concreto convencional, por lo que su uso debe limitarse a tránsito ligero.
- Puede presentar problemas cuando se instala en suelos impermeables, como en el caso de suelos arcillosos. Por lo que debe verificarse la permeabilidad de los suelos previo a su instalación.

(González, 2017, pág. 31)

1.6.3. Permeabilidad en el Concreto

La permeabilidad es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo lo atraviese sin alterar su estructura interna. En construcción, se considera a un material como permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado (mayor a 10^{-10} m/s), y se puede considerar también que es impermeable, si la cantidad de fluido es despreciable (menor a 10^{-12} m/s).

La permeabilidad total del concreto al agua es una función de la permeabilidad de la pasta (la misma que está en función del grado de hidratación del cemento), de la permeabilidad y granulometría del agregado, y de la proporción relativa de la pasta con respecto al agregado. La disminución de permeabilidad mejora la resistencia del concreto al ataque de los agentes externos.

El concreto empleado en estructuras que retengan agua o que estén expuestas a mal tiempo o a otras condiciones de exposiciones severas debe tener un coeficiente de

permeabilidad muy bajo y ser hermético. La hermeticidad se define a menudo como la capacidad del concreto de retener el agua sin escapes visibles. La permeabilidad se refiere a la cantidad de migración de agua a través del concreto cuando el agua se encuentra a presión, o a la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias (líquido, gras, iones, etc.). Generalmente las mismas propiedades que convierten al concreto menos permeable también lo vuelven hermético. (Moreno, 2015, pág. 9)

Relación entre Porosidad y Permeabilidad

Para ser permeable, un material debe ser poroso, es decir, debe contener espacios vacíos o poros que le permitan absorber fluido. A su vez, tales espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del material.

Por causa de la existencia de poros de diferentes clases, de los cuales algunos contribuyen a la permeabilidad y otros no, es importante distinguir entre porosidad y permeabilidad. La porosidad es una medida de la proporción del volumen total del concreto ocupado por poros, y se acostumbra expresar en porcentaje. Si la porosidad es alta y los poros están interconectados, éstos contribuyen al transporte de los fluidos a través del concreto, de manera que su permeabilidad es también alta. Por otro lado, si los poros son discontinuos o inefectivos de otra manera con respecto al transporte, entonces la permeabilidad del concreto es baja, aun si su porosidad es alta. (Moreno, 2015, págs. 9,10)



Figura N° 2. Desarrollo urbano de bajo impacto

Fuente: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto>

1.6.4. Materiales del Concreto

Como se ha descrito anteriormente en la definición del concreto, los componentes principales del concreto permeable son el cemento, agregado grueso y agua. Este concreto poroso por ser muy especial no contiene agregado fino.

a. Cemento:

El cemento portland normal es el producto obtenido por la pulverización del Clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que no excedan el 1% en peso del total y que la Norma correspondiente determine que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el clinker. (Rivva, 2000, pág. 31)

La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos portland tal como los especifica la Norma ASTM C 150; o cementos combinados, de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C 595

De acuerdo a lo recomendado por la Norma ASTM C 150, los cinco tipos de cementos portland normal que pueden ser clasificados como estándar y cuya fabricación está normada por requisitos específicos son:

- | | |
|-----------|--|
| Tipo I .. | De uso general, donde no se requiere propiedades especiales. |
| Tipo II.. | De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Especialmente adecuados para ser empleados en estructuras en ambientes agresivos y/o vaciados masivos. |
| Tipo III | De desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Especiales para uso en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicios de las estructuras, o para uso en climas fríos. |
| Tipo IV.. | De bajo calor de hidratación, recomendables para concretos masivos. |
| Tipo V.. | Recomendables para ambientes muy agresivos por su alta resistencia a los sulfatos. (Rivva, 2000, pág. 95) |

b. Agregados:

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la Norma NTP, 400.011:(2013). AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y concretos. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. Un adecuado conocimiento de la naturaleza física y química del concreto, así como del comportamiento de este, implica necesariamente el de los materiales que conforman la corteza terrestre, estudiados a la luz de la geología y, específicamente, de la petrología. (Rivva, 2000, pág. 16)

Usualmente se utilizan tamaños de agregado grueso entre 3/4 y 3/8 de pulgada; pueden considerarse aptos para su uso: gravas, gravas trituradas, escoria de horno o piedra triturada. En general, todo agregado a utilizar para la elaboración de concreto, debe cumplir con la Norma ASTM C33, Especificación Normalizada para Agregados para Concreto. La razón por la que el agregado fino es casi nulo o inexistente, se debe a que su uso puede afectar la interconexión de los poros o vacíos del concreto. (González, 2017, pág. 32)

Agregado Grueso:

“Se define como agregado grueso al material retenido en el Tamiz NTP 4.75 mm (N°4) y que cumple con los límites establecidos en las Normas ITINTEC 400.037 ó ASTM C33.” (Rivva, 2000, pág. 182)

Características:

El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado, o una combinación de ellos. Estará conformado por partículas cuyo perfil sea preferentemente angular o semiangular, limpias, duras, compactas, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso o partículas blandas. (Rivva, 2000, pág. 182)

Granulometría:

El agregado grueso estará graduado dentro de los límites especificados en las Normas NTP 400.037:2014. AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto) o ASTM C33. La granulometría seleccionada deberá ser preferentemente continua y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. (Rivva, 2000, págs. 182,183)

c. Agua:

“El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.” (Abanto, 2009, pág. 21)

El agua que a de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia, potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisible para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. A continuación, se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto. (Rivva, 2000, pág. 254)

d. Caucho Reciclado de Neumáticos

En este diseño se utilizará caucho de Neumáticos trituradas como adición al concreto permeable a elaborar, este material como cualquier otro posee características físicas y mecánicas, por lo que durante el tiempo se ha mejorado su rendimiento y propiedades.

Las llantas presentan una estructura compleja, formada por diversos materiales como caucho, acero y tejido de poliamida o poliéster. La separación de estos materiales en sus componentes originales es un proceso difícil, por lo que el reciclaje de las llantas usadas se ha orientado mayormente a su aprovechamiento en conjunto, aunque ya existen diferentes empresas en el mundo que ofrecen el servicio de manejo de llantas usadas procesándolas para convertirlas en materia prima para asfalto, pistas atléticas, tapetes, entre otros.

Entre las diferentes formas de manejo de las llantas usadas se encuentran su apilamiento, entierro, reusó (reencauchamiento) y reciclaje (en ingeniería civil,

regeneración del caucho, generación de energía, producción de asfalto o fabricación de nuevos materiales). (Canthanhede & Monge, 2002)

Propiedades:

El caucho está constituido por un polímero de moléculas pequeñas llamadas isopreno. Su resistencia se refiere principalmente a su capacidad de soportar esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse relativamente rápido. Entre las propiedades mecánicas más importantes del caucho se pueden mencionar:

- *Dureza:* la propiedad más indicada por fabricantes y vendedores de caucho, representa la rigidez del caucho frente a esfuerzos moderados, su valor varía en función del uso o servicio al cual el material sea sometido. La forma más común de medir la dureza del caucho es mediante la escala de Shore y la utilización de un durómetro; en el caso de las Neumáticos de caucho, la dureza de Shore puede variar entre 50A y 70A.
- *Tracción:* esta es junto con la dureza, una de las propiedades más relevantes. La tracción se mide mediante la utilización de un dinamómetro, en el que se sujeta la muestra por sus extremos hasta conseguir la ruptura o falla, el valor de fuerza obtenido se divide entre el área de la muestra dando como resultado su resistencia a la tracción. El ensayo a tracción sobre caucho vulcanizado puede ser llevado a cabo mediante la utilización de la Norma ASTM D412. (González, 2017, pág. 42)



Figura N° 3. Partículas de Caucho Reciclado

Fuente: Propia

1.6.5. Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto

a. Revenimiento (slump):

En general, es cero; sin embargo, se han usado valores en el rango de 20 a 50 mm. La prueba del revenimiento –que se puede realizar de acuerdo con la ASTM C143– no es una prueba que se considera para fines de control de calidad, como en el caso del concreto convencional, sólo se considera como un valor de referencia, debido principalmente a que la mezcla es demasiado rígida y la medición del revenimiento en la mayoría de casos no es aplicable. (Aire, 2010)

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

Tabla N° 1. Consistencia (Slump)

Consistencia	Asentamiento
Sumamente seco	---
Muy seco	< 2mm
Seco	0"-1"
Plástico seco	1"-3"
Plástica	3"-5"
Muy plástica	5"-7 ½"

Fuente: Norma ACI 211.3R-02

b. Contenido de Vacíos

Se llama así a los espacios que contiene el concreto permeable permitiendo la filtración del agua.

Análisis de peso unitario y porcentaje de vacíos en pavimentos permeables

Este ensayo nos ayuda a calcular el peso unitario grueso en condición compactado y suelto, también estima los orificios entre las partes dentro de la masa de agregado grueso y debe estar por debajo de 5 pulgadas o 125mm. (Cordova, 2016)

El cálculo de porcentaje de vacíos es aquel ensayo que nos da el espacio para el ingreso de fluidos y se calcula en función al peso unitario y específico aparente. (Cordova, 2016)

También el contenido de vacíos es aquel que se considera al agregado en estado seco, lo que quiere decir con todos los orificios libres llenos de agua sin humedad superficial como ya se conoce el contenido de agua de la mezcla influye en la resistencia, por ese motivo es necesario darle un control. (Cordova, 2016)

Para garantizar la percolación a través del concreto permeable, el contenido de vacíos de diseño, calculado como porcentaje de aire, por el método gravimétrico (ASTM C 138), según ACI 211.3R - 02, debe ser de 15 % o mayor (Figura 5).

c. Cohesividad

Se define a la cohesividad como aquella propiedad del concreto fresco gracias a la cual es posible controlar el peligro de segregación durante la etapa de colocación de la mezcla, al mismo tiempo que contribuye a prevenir la aspereza de la misma y facilitar su manejo durante el proceso de compactación del concreto. (Rivva, 2000, págs. 211,212)

d. Segregación

La segregación es definida como la descomposición mecánica del concreto fresco en sus partes constituyentes cuando el agregado grueso tiende a separarse del mortero. Esta definición es entendible si se considera que el concreto es una mezcla de materiales de diferentes tamaños y gravedades específicas, por lo que se generan al interior del mismo, fuerzas las cuales tienden a separar los materiales componentes cuando la mezcla aún no ha endurecido. El resultado de la acción de estas fuerzas es definido como segregación. (Rivva, 2000, pág. 210)

e. Porosidad

“La porosidad es una medida de los espacios vacíos entre los agregados. La condición para que un concreto sea permeable es que el contenido de vacíos sea mayor al 15%”
(Aire, 2010)

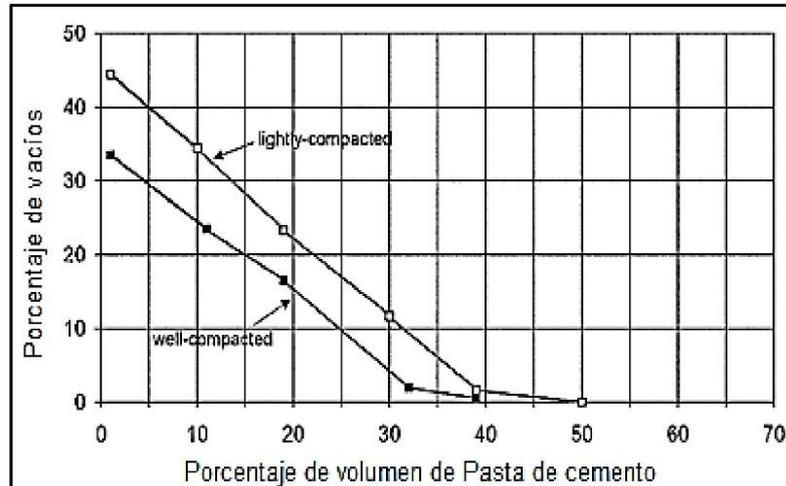


Figura N° 4. Relación entre Contenido de Pasta de cemento y porcentaje de Vacíos

Fuente: ACI 522R-10

f. Permeabilidad

La permeabilidad al igual que la porosidad depende de las propiedades de los materiales, la proporción de la mezcla y de los métodos de colocación y compactación. Una excesiva compactación reducirá la permeabilidad al sellar los poros necesarios para la filtración del agua. (Aire, 2010)

Según (ACI 522R-10, 2010) recomienda medir la permeabilidad con el permeámetro de carga variable de la Figura N° 5.

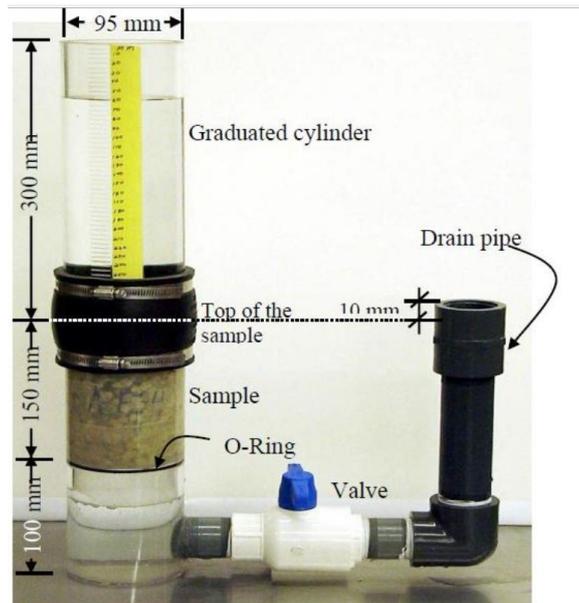


Figura N° 5. Permeámetro de Carga Variable

Fuente: (ACI 522R-10, 2010)

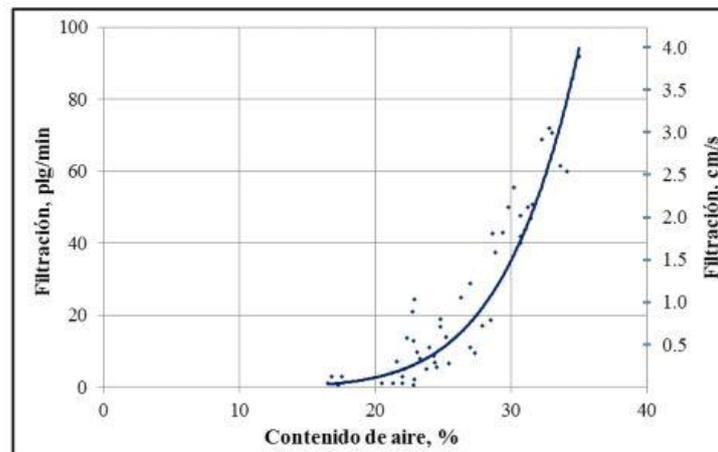


Figura N° 6. Relación entre el contenido de aire y la tasa de filtración

Fuente: Meininger 1988

g. Resistencia a Compresión

La resistencia a compresión típica es del orden de 17 MPa; sin embargo, se pueden desarrollar resistencias hasta de 28 MPa. La resistencia a compresión está influenciada por los materiales componentes, el esfuerzo de compactación y por el contenido de vacíos. La figura N° 7 muestra la relación entre la resistencia a compresión y el contenido de vacíos para 2 tamaños de agregado, 19.0 y 9.5 mm (ASTM C33, No. 67, y 8, respectivamente). (Aire, 2010)

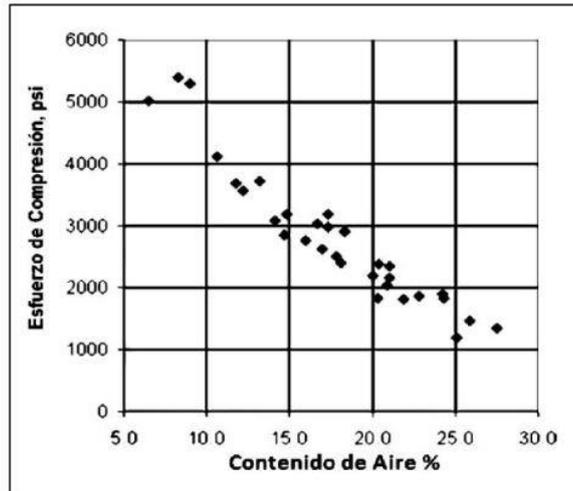


Figura N° 7. Gráfico de esfuerzo a Compresión Vs. Contenido de Aire

Fuente: ACI 522 Committee. Reporte de concreto permeable ACI 522-10.

Sección 5.2. p. 550.

h. Densidad

Esta es alrededor del 70 % del concreto convencional, la dosificación de material y la compactación de la mezcla influyen considerablemente en la densidad del concreto. Esta se encuentra generalmente entre los 1680 kg/cm² y 1920 kg/cm³. Para el concreto permeable, la Norma ASTM C1688 especifica un método para determinar la densidad del concreto en relación a su contenido de vacíos. (González, 2017, pág. 35)

1.6.6. Ensayos de Laboratorio

Teniendo en cuenta las normas técnicas peruanas (NTP) y las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), del cual determinaremos las propiedades básicas para realizar un buen diseño de mezclas del concreto permeable.

En las siguientes tablas se presentan las normas técnicas para los ensayos de laboratorio, para la elaboración de concreto permeable.

Tabla N° 2. Normas Técnicas para ensayos de laboratorio para agregados

ENSAYO	NORMA	NORMA
	PERUANA	INTERNACIONAL
	NTP	ASTM
Muestreo de Agregados	400.01	D75
Peso Específico y Absorción	400.021	C127
Contenido de Humedad	339.185	C70
Análisis Granulométrico	400.012	C136
Peso Unitario	400.017	C29

Fuente: Propia

Tabla N° 3. Normas Técnicas de ensayos de laboratorio para el concreto

ENSAYO	NORMA	NORMA
	PERUANA	INTERNACIONAL
	NTP	ASTM
Muestreo de Concreto Fresco	339.036	C172
Asentamiento - Slump	339.035	C143
Peso Unitario, Rendimiento	-	C1688
Elaboración y Curado de Muestras de Concreto	339.183	C192
Resistencia a la Compresión (testigos)	339.034	C39
Permeabilidad	-	ACI 522R-10

Fuente: Propia

II. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia del caucho reciclado en el concreto poroso.

2.2. Objetivos específicos

- Diseño de mezclas de concreto poroso incorporando partículas de caucho reciclado en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% del agregado grueso de ½”.
- Determinar la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días, de los testigos de cada dosificación.
- Comparar la Permeabilidad a los 14 y 28 días, de los testigos de concreto poroso de cada dosificación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Agregado Grueso

El agregado grueso se obtuvo de la cantera “Santa Rosa” (Figura 6), carretera Jaén – Ignacio en las coordenadas geográficas de la Tabla N° 4.

Es un agregado grueso de ½” (grava) obtenido por trituración, material de tipo aluvial.

Tabla N° 4. Coordenadas de ubicación

Ubicación	Coordenadas UTM	
	ESTE	NORTE
Cantera “Santa Rosa”	746969.02	9372502.19

Fuente: Propia

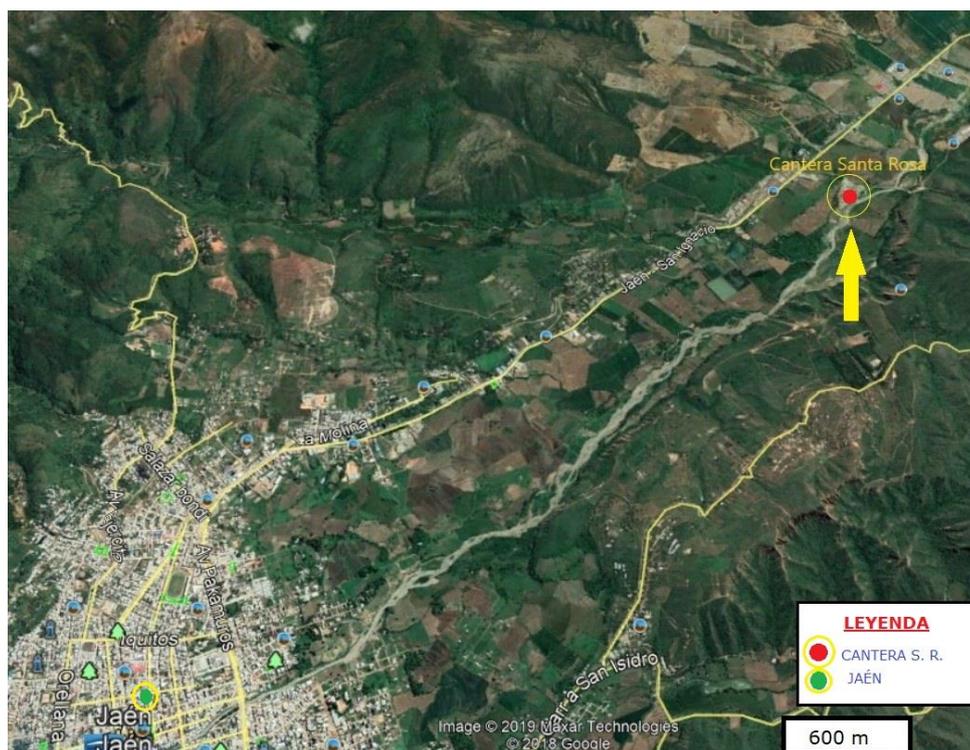


Figura N° 8. Ubicación Geográfica de la Cantera "Santa Rosa"

Fuente: Google Earth, 2019

3.1.2. Cemento

Para la elaboración de las mezclas se utilizó Cemento portland Tipo I de la marca Pacasmayo de fabricación nacional, con peso específico 3.10 gr/cm^3 .

Tabla N° 5. Propiedades físicas del Cemento Portland Tipo I

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	REQUISITO NTP 334.009/ASTM C150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión en autoclave	%	0.09	Máximo 0,8
Superficie específica	cm^2/g	3 750	Máximo 2 800
Densidad	g/cm^3	3,10	No especifica

Fuente: Cementos Pacasmayo



Figura N° 9. Cemento Pacasmayo Tipo I

3.1.3. Agua

Se utilizó agua potable del local de Laboratorio LABSUC en la ciudad de Jaén, suministrada dicha agua por la empresa EPS Marañón.

3.1.4. Partículas de Caucho Reciclado

Recolección de Neumáticos: El reciclaje de neumáticos se hizo por la av. Pakamuros en los talleres de vulcanizado de esta ciudad de Jaén, en donde no tuvimos ningún inconveniente en conseguirlo por lo mismo que una vez puesto en desuso los neumáticos son desechados fuera de sus locales.

Picado del neumático: Una vez obtenido estos neumáticos se comenzó a picar manualmente en partículas aproximadas de ½” de tamaño, obteniendo el producto final de partículas de caucho reciclado para la investigación.



Figura N° 10. Partículas de Caucho Reciclado

Fuente: Propia

3.2. Métodos

Se adquirió los materiales respectivos como son el cemento, partículas de caucho reciclado, agua y agregado grueso, en donde el agregado grueso se realizó el respectivo control de calidad para el diseño final.

Se realizó el muestreo del agregado en la planta chancadora “Santa Rosa”; posteriormente se realizó varios ensayos de control de calidad en el laboratorio de suelos y pavimentos LABSUC, ubicado en la Avenida “A” #750 – Jaén, como: Cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 por lavado, Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, absorción y peso unitario de los vacíos.

Con los resultados obtenidos en laboratorio del control de calidad del agregado se procedió con el diseño de mezclas y elaboración del concreto poroso; de las cuales se realizaron ensayos de contenidos de aire, Slump para determinar la trabajabilidad de la mezcla usando el cono de abrams, temperatura del concreto poroso fresco y peso unitario.

Se elaboró 72 probetas de concreto poroso de 6” de diámetro por 12” de altura, de los cuales 18 probetas se realizaron sin adición de caucho y 54 probetas con adición de caucho, todas se realizaron ensayos a compresión; también se elaboró 24 probetas de 4” de diámetro por 5.9” (15cm) de altura, donde 12 probetas se elaboró sin adición de caucho y 36 probetas con adición de caucho, realizándose todas estas a ensayos de permeabilidad.

3.3. Diseño de la Investigación

De tipo experimental: La variable independiente que se manipuló son las partículas de caucho reciclado en porcentajes del 5%, 10% y 15%, en adición con el concreto poroso, logrando así analizar las variables dependientes como son la resistencia a la compresión y la permeabilidad para cada porcentaje.

3.4. Ubicación de la zona de estudio

La presente investigación se desarrolló en la ciudad de Jaén, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; la ciudad de Jaén se encuentra ubicada a una altura promedio 729 m.s.n.m; el clima es tropical siendo el verano el que más influye, la temperatura varía generalmente entre 17 °C a 35 °C.

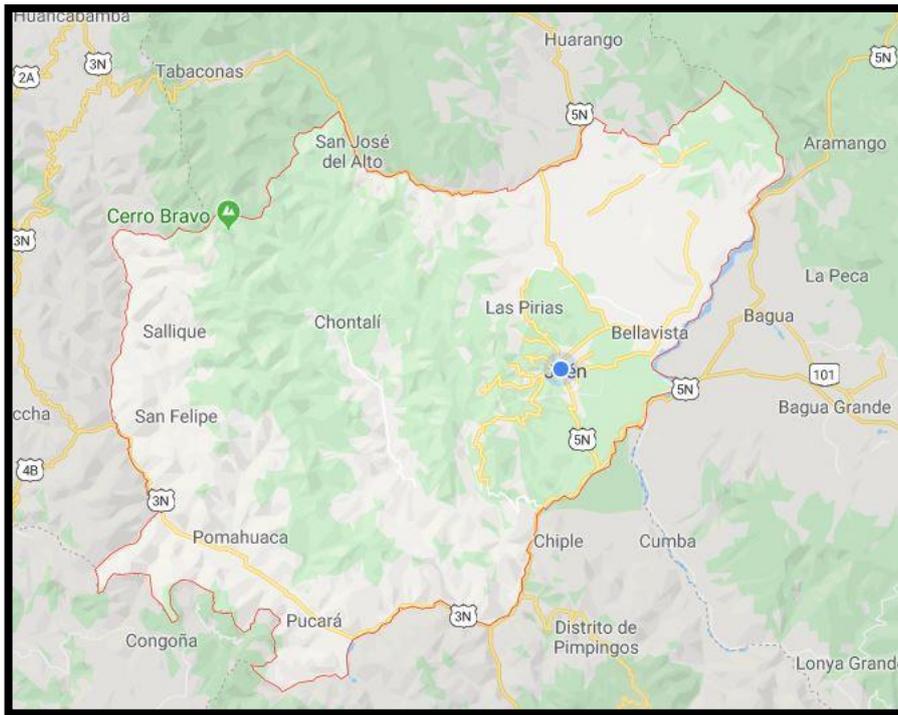


Figura N° 11. Ubicación Geográfica de la Ciudad de Jaén

Fuente: Google Maps

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Unidad de Estudio

Concreto poroso, con incorporación de partículas de caucho reciclado.

3.5.2. Población

Se realizaron 30 probetas de concreto poroso sin adición y 90 probetas de concreto poroso con incorporación de partículas de caucho reciclado.

3.5.3. Muestra

En las siguientes tablas 6 y 7 representa la cantidad de muestras que se realizó durante el proceso, para analizar las comparaciones respectivas de los resultados de resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto poroso.

Tabla N° 6. Matriz de variables y combinaciones de estudio para la resistencia a la compresión

		Muestras Realizadas			
		C-Patrón	Con caucho reciclado		
Tiempo	Dosificación	Sin adición 0%	5% del Agregado grueso	10% del Agregado grueso	15% del Agregado grueso
	7-Días		CP-01	C5-01	C10-01	C15-01
		CP-02	C5-02	C10-02	C15-02
		CP-03	C5-03	C10-03	C15-03
		CP-04	C5-04	C10-04	C15-04
		CP-05	C5-05	C10-05	C15-05
		CP-06	C5-06	C10-06	C15-06
14-Días		CP-07	C5-07	C10-07	C15-07
		CP-08	C5-08	C10-08	C15-08
		CP-09	C5-09	C10-09	C15-09
		CP-10	C5-10	C10-10	C15-10
		CP-11	C5-11	C10-11	C15-11
		CP-12	C5-12	C10-12	C15-12
28-Días		CP-13	C5-13	C10-13	C15-13
		CP-14	C5-14	C10-14	C15-14
		CP-15	C5-15	C10-15	C15-15
		CP-16	C5-16	C10-16	C15-16
		CP-17	C5-17	C10-17	C15-17
		CP-18	C5-18	C10-18	C15-18

Fuente: Propia

Tabla N° 7. Matriz de variables y combinaciones de estudio para la permeabilidad

		Muestras realizadas			
		C-Patrón	Con caucho reciclado		
Dosificación	Tiempo	Sin adición	5% del	10% del	15% del
		0%	Agregado grueso	Agregado grueso	Agregado grueso
14-Días		CP-19	C5-19	C10-19	C15-19
		CP-20	C5-20	C10-20	C15-20
		CP-21	C5-21	C10-21	C15-21
		CP-22	C5-22	C10-22	C15-22
		CP-23	C5-23	C10-23	C15-23
		CP-24	C5-24	C10-24	C15-24
28-Días		CP-25	C5-25	C10-25	C15-25
		CP-26	C5-26	C10-26	C15-26
		CP-27	C5-27	C10-27	C15-27
		CP-28	C5-28	C10-28	C15-28
		CP-29	C5-29	C10-29	C15-29
		CP-30	C5-30	C10-30	C15-30

Fuente: Propia

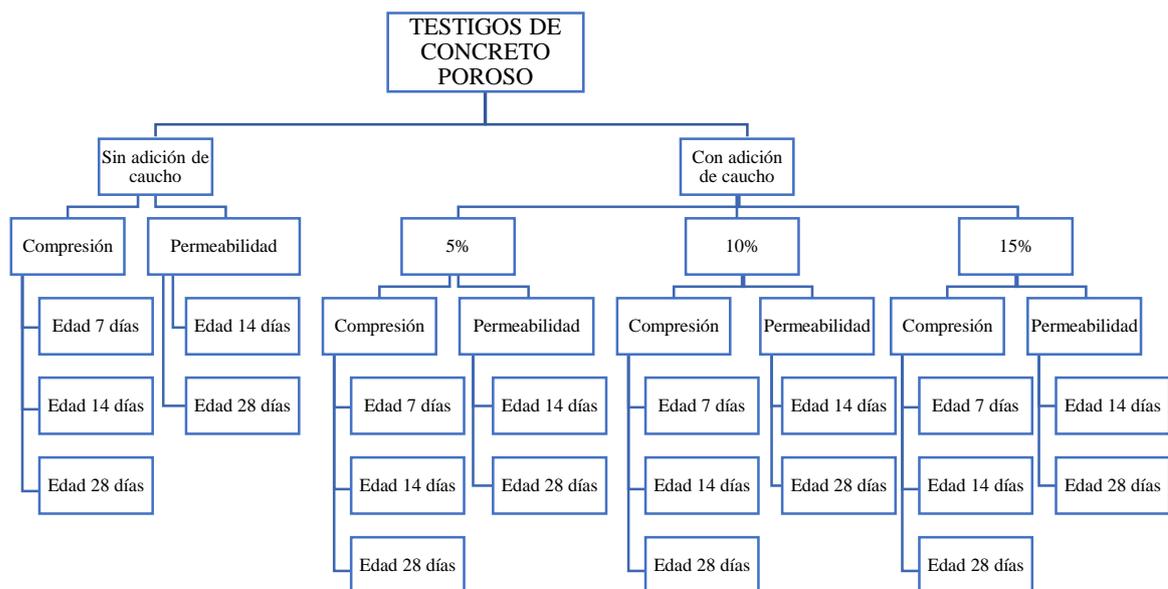


Figura N° 12. Organigrama de las Muestras

Fuente: propia

3.6. Instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Agregados

- ✓ Muestreo para materiales de construcción (**NTP 400.010 – MTC E 201**).
- ✓ Cantidad de material que pasa por el tamiz de 75 um (**N° 200**) por lavado (**NTP 400.018 – MTC E 202**).
- ✓ Peso unitario y vacío de los agregados sueltos y varillado (**NTP 400.017 – MTC E 203**).
- ✓ Análisis granulométrico de los agregados (**NTP 400.012 – MTC E 204**).
- ✓ Gravedad específica y Absorción del agregado grueso (**NTP 400.021 – MTC E 206**)
- ✓ Método de ensayos para contenido de humedad total de agregado por secado (**NTP 339.185 – MTC E 215**)

3.6.2. Concreto Poroso

- ✓ Elaboración de concreto en campo (**NTP 339.183**).
- ✓ Asentamiento del concreto – Slump (**NTP 339.035 – MTC E 705**).
- ✓ Peso Unitario y contenido de vacíos del concreto fresco (**NTP 339.046 – MTC E 714 – ASTM C1688**).
- ✓ Elaboración y curado de especímenes de hormigón (**NTP 339.183 – MTC E 702**)-
- ✓ Ensayo a la compresión de testigo cilíndricos de concreto (**NTP 339.034 – MTC E 704**)
- ✓ Ensayo de permeabilidad de testigos (**ACI 522**)

3.7. Procedimientos de la Investigación

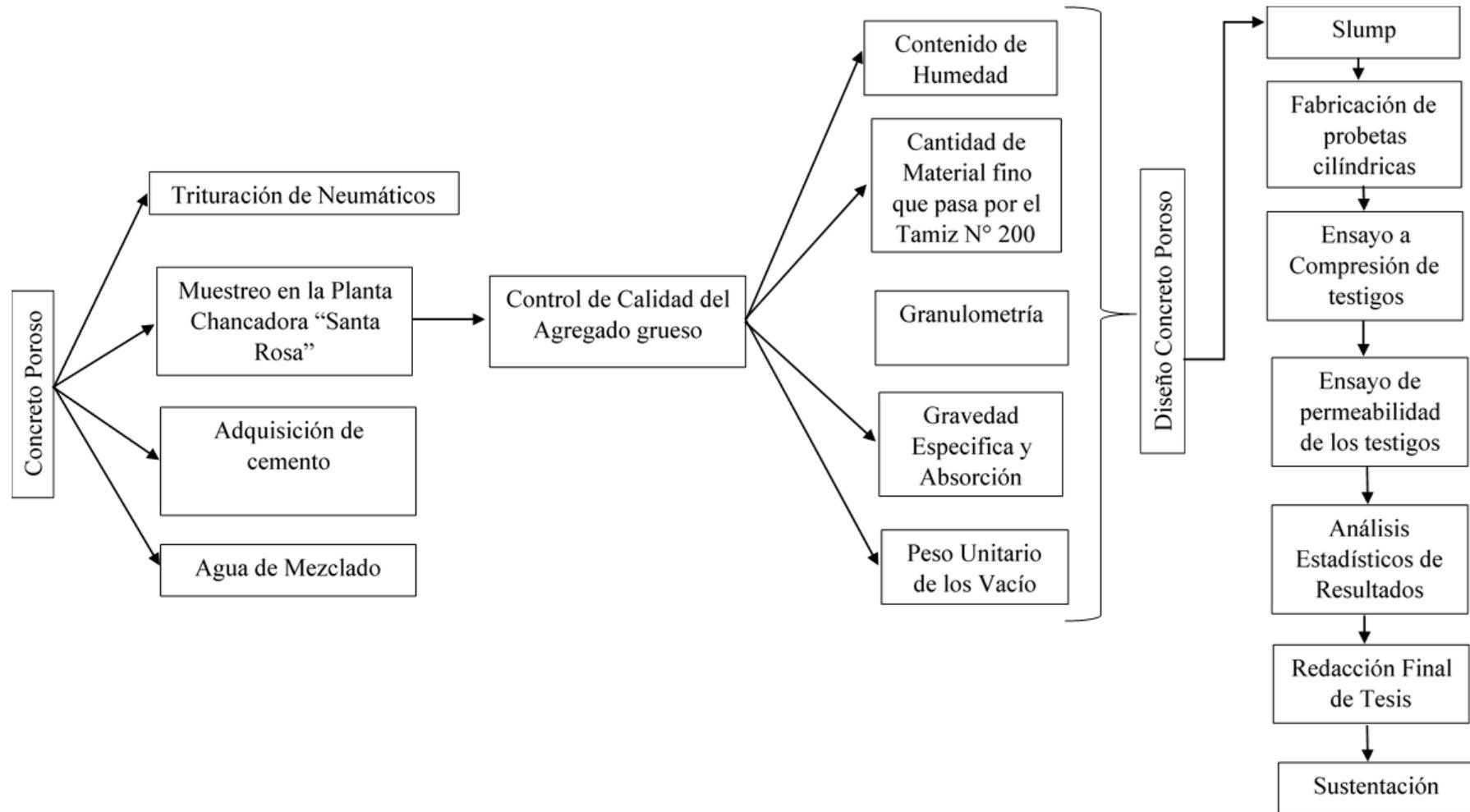


Figura N° 13. Esquema General de la investigación

Fuente: Propia

3.7.1. Trituración de Neumáticos

La trituración de Neumáticos se realizó de forma manual en partículas de ½” Aproximadamente de tamaño, obteniendo el producto final de partículas de Neumáticos reciclado para la realización de la investigación. Se busca que las partículas sean lo más uniforme posible.

3.7.2. Adquisición de los materiales

- Agregado Grueso.
- Cemento Portland Tipo I.
- Agua Potable.
- Partículas de Caucho Reciclado.

3.7.3. Control de las características físicas y mecánicas del agregado grueso

✓ **Muestreo del material**

La NTP 400.010 (MTC E 201) establece el procedimiento del muestreo del agregado grueso, el operador deberá tener siempre la precaución de obtener muestras que denoten la naturaleza y condiciones del material al cual representan. El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP 400.010 (MTC E 201) antes mencionada.

✓ **Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) por lavado**

La NTP 400.018 (MTC E 202) nos determina que se debe separar de las partículas mayores de manera más eficiente y completa por el tamizado en húmedo que por el uso de tamizado en seco. Para este ensayo es necesario lavar el material extraído por la malla 75 µm (N°200); una vez lavado el material se coloca al horno por un lapso de 24 horas y se vuelve a pesar. El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la Norma Técnica Peruana antes mencionada.

✓ **Peso Unitario y vacío de los agregados**

Este ensayo se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto. El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP 400.017 (MTC E 203).

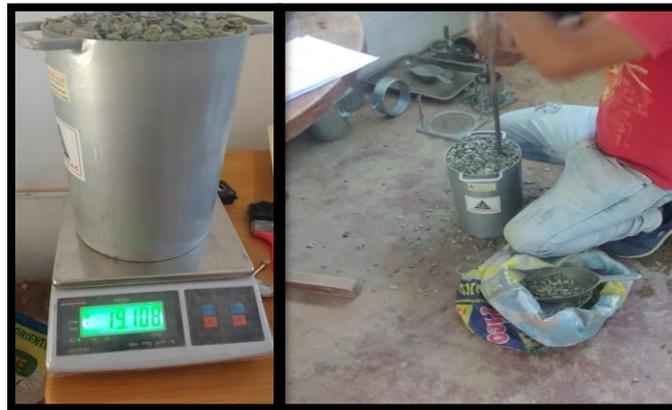


Figura N° 14. Peso Unitario y Vacíos del Agregado

Fuente: Propia

✓ **Análisis Granulométrico del agregado Grueso**

Este ensayo se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas con los requisitos exigidos en la especificación técnica de la obra y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados.

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP 400.012 (MTC E 204)



Figura N° 15. Análisis granulométrico del agregado grueso

Fuente: Propia

Tabla N° 8. Granulometría de agregado grueso para concreto portland

Huso	Tamaño máximo Nominal	Porcentaje que pasa los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 1/2 pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 1/2 pulg)	50 mm (2 pulg)	37.5 mm (1 1/2 pulg)	25.0 mm (1 pulg)	19.0 mm (3/4 pulg)	12.5 mm (1/2 pulg)	9.5 mm (3/8 pulg)	4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N° 8)	1.18 mm (N° 16)	300 um (N° 50)
1	90 mm a 37.5 mm (3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37.5 mm (2 1/2 pulg a 1 1/2 pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25.0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4.75 mm (2 pulg a N° 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37.5 mm a 19 mm (1 1/2 pulg a 3/4 pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37.5 mm a 4.75 mm (1 1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25.0 mm a 12.5 mm (1 pulg a 1/2 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25.0 mm a 9.5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25 mm a 4.75 mm (1 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19 mm a 9.5 mm (3/4 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19 mm a 4.75 mm (3/4 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12.5 mm a 4.75 mm (1/2 pulg a N° 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9.5 mm a 2.36 mm (3/8 pulg a N° 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12.5 mm a 9.5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9A	4.75 mm a 1.18 mm (N° 4 a N° 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.037 “Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón”

✓ **Gravedad específica y absorción de agregados grueso**

El peso específico es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen.

En cuanto a la absorción es usada para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial.

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP 400.022 (MTC E 205).



Figura N° 16. Gravedad específica y absorción del agregado grueso

Fuente: Propia

✓ **Método de Ensayo para contenido de humedad total de los agregados por secado.**

Este ensayo tiene por finalidad establecer procedimientos para determinar el porcentaje total de humedad evaporable en una muestra de agregado grueso por secado.

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP339.185 (MTC E 215).



Figura N° 17. Secado a estufa del agregado grueso

Fuente: Propia

3.7.4. Diseño Concreto Poroso

a) Metodología de diseño:

Existen contados estudios de metodologías de diseño de concreto poroso a diferencia del concreto convencional, ya que no son los mismos requerimientos de desempeño. Ante lo dicho fue necesario aplicar un método de dosificación para concreto poroso en relación al porcentaje de vacíos vinculados posteriores al hormigón endurecido y la relación agua-cemento.

Según el artículo de investigación “Laboratory study of mixture proportioning for pervious concrete pavement” (Castro, de Solminihac, Videla, & Fernández, 2009) se tomó como referencia para esta investigación, donde desarrolla una metodología de dosificación, a partir de la deducción de una ecuación, analizando 18 mezclas de hormigón poroso, en función a la relación de agua – cemento en un rango de 0.29 – 0.41.

El sistema de dosificación que desarrolla en esta investigación, se basa en función de los vacíos disponibles originalmente en el árido y que disminuye al añadir la pasta de cemento.

Según (Castro, de Solminihac, Videla, & Fernández, 2009) En teoría si se utiliza un árido con elevado porcentaje de huecos (por ejemplo 40%), y se agrega un volumen

de pasta de cemento igual al 25% del volumen total, la pasta llenara solo parcialmente los vacíos disponibles quedando un volumen de vacíos de 15%.

Para un volumen unitario de árido, la densidad de la mezcla puede obtenerse sumando la masa de los componentes y dividiéndola por el volumen unitario, obteniéndose lo que ellos llaman densidad teórica, mostrada en la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad Teórica (Dt)} = \frac{A+C+W}{1}$$

Donde A es la masa del árido, C es la masa del cemento, y W es la masa del agua.

Puesto en práctica la anterior formula, una vez que los materiales son mezclados y el hormigón es compactado, la pasta no sólo llenará los huecos entre los áridos, sino que también se introducirá entre las partículas de agregado, separándolas e incrementando el volumen original del árido, por lo que el volumen final será mayor por efecto de este “esponjamiento” de la mezcla.

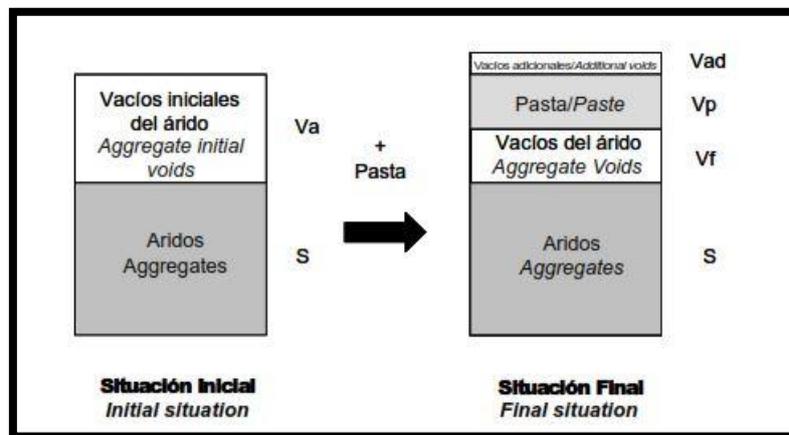


Figura N° 18. Efecto de la inclusión de pasta de cemento en el árido con alto contenido inicial de vacíos

Fuente: (Castro, de Solminihac, Videla, & Fernández, 2009)

Una vez establecido el diseño de mezcla (ver Anexo 2) se evaluó el comportamiento de la mezcla, mediante la investigación de referencia, así como también del ACI 522 R, como guía para certificar la mezcla obtenida en los diseños planteados en esta investigación, dado que no existe un método establecido de ensayos que se aplique al concreto poroso.

b) Diseño de mezcla concreto poroso:

1. Se calculó la resistencia promedio a compresión f'_{cr} .
2. Se eligió la consistencia según recomendaciones para concretos permeables.
3. Se eligió el porcentaje de vacío.
4. Se estimó la relación agua/cemento dentro los parámetros recomendados.
5. Se calculó el factor de compactación y volumen de porosidad del esqueleto granular.
6. Se calculó el volumen del mortero (pasta).
7. Se calculó el contenido de cemento.
8. Se calculó el volumen de cemento por metro cúbico de concreto.
9. Se calculó el contenido de agua.
10. Se calculó el volumen seco de la grava por metro cúbico de concreto.
11. Se calculó el peso seco de la grava.
12. Se calculó el peso húmedo de la grava.
13. Se calculó el volumen húmedo de los agregados por metro cúbico de concreto.
14. Se realizó el ajuste de cantidad de agua de mezclado debido a la humedad de los agregados.
15. Se determinó las proporciones de los materiales de la mezcla en peso y volumen para un metro cúbico de concreto poroso.

Equipos.

- Mezcladora de concreto
- Balanza con capacidad de 30Kg.
- Baldes de PVC o recipientes pesar los materiales
- Probeta graduada
- Martillo de goma
- Cono de Abrahms (para medir slump)
- Olla Washington (para medir el aire atrapado)
- Un buggy o carretilla para el transporte del concreto fresco
- Cucharon

Materiales.

- Cemento portland tipo I Pacasmayo (de uso general)
- Agregado grueso (cantera Arenera Jaén)
- Agregado fino (cantera Josecito)
- Agua potable

c) Procedimiento.

En esta investigación se aplicó los lineamientos descritos en el ACI 522R – 10 (2010) para la dosificación de concretos permeables.

Una vez obtenido todos los materiales, se empezó a realizar la verificación de los equipos que se encuentren en perfecto estado, se procedió a la elaboración del concreto poroso $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, en total se elaboraron 4 bachatas, de cada una se elaboraron 30 probetas cilíndricas de concreto poroso.



Figura N° 19. Elaboración de concreto poroso

Fuente: Propia

✓ **Asentamiento del concreto – Slump.**

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP339.035 (MTC E 705).

Se humedece el cono de Abrams, la placa y la varilla compactadora y se coloca en una superficie plana del suelo y seguidamente el cono de manera que el agujero más grande quede sujeto a la placa, el encargado responsable se pisa en las asas del cono para mantener estable y evitar fugas de concreto.

Con ayuda de un cucharón se coloca concreto al cono en 3 capas, luego de cada capa de concreto se compacta con una varilla de acero lisa con una cantidad de 25 golpes por capa.

Terminado el compactado de las tres capas, se procede al enraizar con la misma varilla lisa y se levanta el cono en forma vertical en un tiempo no mayor a 5 segundos, finalmente volteamos el cono, lo colocamos a la misma altura de la placa y se mide la diferencia de alturas entre el cono y la masa de concreto.



Figura N° 20. Ensayo de trabajabilidad del concreto poroso fresco – Slump

Fuente: Propia

✓ **Peso Unitario y contenido de vacíos del Concreto Fresco.**

Este método permite determinar el peso unitario del concreto permeable en estado fresco y a su vez podemos calcular el porcentaje de vacíos de las mezclas sabiendo las propiedades físicas de los materiales y el diseño de mezclas, en donde podemos

calcular el volumen que ocupan los materiales y de esta manera determinar el porcentaje de vacíos de la mezcla.

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP339.046 (MTC, 2016) y el Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Contenido de Vacíos y Densidad de la Mezcla de Concreto Permeable en Estado Fresco. (ASTM C1688 / 1688M)

Procedimiento:

Se pesa el molde vacío y se humedece las paredes internas del molde, agregamos concreto en tres capas, al finalizar cada capa compactamos con una varilla liza de acero con 25 golpes por capa, terminada la compactación por capa se golpea con un martillo de goma a las paredes externas del molde con un total de 10 a 15 golpes por capa.

Al finalizar la última capa se procede a enrazar y con una franela húmeda limpiamos las paredes externas del molde para evitar que los excedentes sumen en el pesado final, luego se pesa el molde lleno de concreto y se calcula el peso unitario del concreto fresco del cual es cociente entre el peso neto del concreto y el volumen del molde; el resultado esta expresado en kg/m^3 .



Figura N° 21. Peso unitario del concreto fresco

Fuente: Propia

✓ **Elaboración y curado de especímenes de hormigón.**

El procedimiento y los métodos de cálculos de este ensayo están detallados en la NTP339.183 (MTC E 702).

Los materiales y equipos utilizados se detallan a continuación.

- Probetas cilíndricas de 6" x 12" de acero.
- Varillas de acero liso de 300 mm de largo por 10 mm de diámetro.
- Martillo de goma.
- Badilejo.
- Cucharón metálico para concreto.
- Franelas.
- Aceite lubricante.

Procedimiento:

El procedimiento empieza con Limpiar las paredes internas de los moldes y asegurar la parte inferior de la base del molde, el cual nos servirá para desmoldar.

Agregamos una ligera capa de aceite lubricante al interior del molde el cual permitirá que el concreto no se adhiera a las paredes internas de molde y facilite el desencofrado.

Se agrega concreto poroso al molde en 2 capas, al finalizar cada capa se compacta con la varilla dando 25 golpes aproximadamente y luego se golpea con un martillo de goma 15 golpes aproximadamente por capa, por la parte exterior del molde

Enrasar y nivelar los excesos de concreto del molde con ayuda de la varilla de acero. Transportar y almacenar con cuidado los testigos en un lugar donde no sufra cambios bruscos de movimiento, desencofrar los testigos pasado 24 ± 4 horas desde la hora del vaciado y finalmente identificar y colocar código a los testigos una vez desencofrados.

Curado de testigos de concreto poroso:

Luego de moldeados y acabados las probetas fueron almacenados por un tiempo de 24h en un ambiente que evite la pérdida de humedad, protegiendo a estos de la luz directa del sol como explica la norma ASTM C192. Se utilizó bolsa plástica en la parte superior del espécimen para que no disminuya la humedad.

Finalizado el desencofrado y colocado el código a cada probeta, se procedió a curarlos sumergiéndolos en agua, utilizándose cilindros como depósito de curado.



Figura N° 22. Elaboración y curado de testigos de concreto poroso

Fuente: Propia

✓ **Ensayo a la compresión de testigos cilíndricos de concreto**

Este ensayo se desarrolló acorde a la NTP 339.034 (MTC E 704).

Consiste en aplicar una carga a compresión a los testigos cilíndricos hasta que presente una falla, en donde se ensayaron 72 probetas cilíndricas de 6" x 12", a los 7, 14 y 28 días.

Procedimiento:

Se remueve los testigos del lugar donde se realiza el curado para luego tomar la medida del diámetro de la probeta cilíndrica, luego es ensayado en la máquina compresión.

Se controla la velocidad de rotura, la cual debe llegar a su máximo esfuerzo Kg/s, una vez encontrado el esfuerzo máximo de rotura se procede al cálculo, el cual esta expresado en Kg para luego ser convertido en MPa(kg/cm²).



Figura N° 23. Ensayo a compresión de testigos cilíndricos

Fuente: Propia

✓ Ensayo de permeabilidad de testigos

Se elaboró un total de 48 especímenes cilíndricos de concreto poroso de 10 x 15 cm, 12 especímenes de cada mezcla, realizando la permeabilidad a los 14 y 28 días.

La metodología del ensayo fue desarrollada utilizando los métodos de prueba alternativos de la (ASTM-C09.49) y (ACI-522R.10); donde nos sugiere elaborar muestras cilíndricas de 10 cm de diámetro y 15cm de alto.

Procedimiento:

Se elaboró 24 probetas de 4" x 6" (10cm x 15cm), también se elaboró un permeámetro según las recomendaciones (Figura 5), se procede a introducir la muestra de concreto poroso dentro del contenedor de PVC y sobre la misma se coloca un tubo de 10cm x 30cm para después añadir agua al cilindro graduado para llenar la celda de la muestra y la tubería de drenaje. Una vez que el agua se encuentre al nivel de la muestra y la tubería de drenaje, se procede a cerrar la válvula de control para luego añadir agua al cilindro de PVC, se abre la válvula de control y se controla el tiempo mediante un cronómetro para luego realizar el cálculo de permeabilidad de cada muestra.

Respecto al cálculo del coeficiente de permeabilidad fue realizado mediante la ley de Darcy.

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

Dónde:

K: Coeficiente de permeabilidad (cm/s).

L: Longitud de la muestra (cm).

A: Área de la muestra (cm²).

a: Área de la tubería de carga (cm²).

t: Tiempo en demora en pasar de h1 a h2 (s).

h1: Altura de la columna de agua medida del nivel de referencia (cm).

h2: Altura de tubería de salida del agua con respecto al nivel de referencia (1cm).

Los materiales y equipos utilizados se describen a continuación:

- Permeámetro de carga variable.
- Cronómetro
- Probeta de concreto permeable de 10x15 cm
- Agua



Figura N° 24. Ensayo de permeabilidad con permeámetro de carga variable

Fuente: Propia

IV. RESULTADOS

4.1. Diseño de mezclas.

Se realizó un diseño de mezcla patrón con una resistencia de diseño de 17.5 MPa que también es expresado en 175 kg/cm², en base al diseño se adicionó partículas de caucho reciclado en porcentajes de 0, 5, 10 y 15 por ciento reemplazando en volumen al agregado grueso.

Tabla N° 9. Diseño de mezcla de concreto poroso sin adición de partículas de caucho reciclado

Material	Húmedo	Volumen
Cemento	430.50 Kg	0.14
Agua	167.58 Lt	0.17
Agregado Grueso	1384.04 Kg	0.53
Aire atrapado		0.17

Fuente: Propia

Como podemos apreciar en la Tabla N° 9, el diseño de mezcla de concreto poroso sin adición de caucho reciclado, obteniéndose el peso y volumen de los materiales.

Tabla N° 10. Diseño de mezcla de concreto poroso con adición de 5% de partículas de caucho reciclado

Material	Humedo	Volumen
Cemento	430.50 Kg	0.14
Agua	167.58 Lt	0.17
Agregado Grueso	1314.84 Kg	0.50
Caucho	14.32 Kg	0.03
Aire Atrapado		0.17

Fuente: Propia

En la tabla N° 10 se aprecia un diseño de mezcla con adición del 5% de caucho reciclado, obteniéndose el peso y volumen de los materiales con un 0.03 m³ de partículas de caucho en la mezcla.

Tabla N° 11. Diseño de mezcla de concreto poroso con adición de 10% de partículas de caucho reciclado

Material	Humedo	Volumen
Cemento	430.50 Kg	0.14
Agua	167.58 Lt	0.17
Agregado Grueso	1245.64 Kg	0.48
Caucho	28.64 Kg	0.05
Aire Atrapado		0.17

Fuente: Propia

En la tabla N° 11 se aprecia un diseño de mezcla con adición del 10% de caucho reciclado, obteniéndose el peso y volumen de los materiales, con un 0.05 m³ de partículas de caucho en la mezcla.

Tabla N° 92. Diseño de mezcla de concreto poroso con adición de 15% de partículas de caucho reciclado

Material	Humedo	Volumen
Cemento	430.50 Kg	0.14
Agua	167.58 Lt	0.17
Agregado Grueso	1176.43 Kg	0.45
Caucho	42.95 Kg	0.08
Aire Atrapado		0.17

Fuente: Propia

En la tabla N° 12 se aprecia un diseño de mezcla con adición del 15% de caucho reciclado, obteniéndose el peso y volumen de los materiales, con un 0.08 m³ de partículas de caucho en la mezcla.

4.2. Ensayos de control de calidad del concreto fresco

4.2.1. Peso unitario del concreto en estado fresco

Esta propiedad del concreto poroso está relacionado al porcentaje de vacíos de diseño, los cálculos del peso unitario realizados en cada dosificación lo encontramos en al **Anexo N° 2**.

Tabla N° 103. Resumen de pesos unitarios en estado fresco

	Tamaño de Agregado grueso	Código	Peso Unitario (kg/m³)	
			Parcial	Promedio
A.G. 1/2"		CP-1	1993.86	
		CP-2	2003.71	1989.57
		CP-3	1971.14	
		CP5-1	1978.14	
		CP5-2	1981.14	1976.76
		CP5-3	1971.00	
		CP10-1	1977.57	
		CP10-2	1975.29	1968.62
		CP10-3	1953.00	
		CP15-1	1971.29	
		CP15-2	1952.29	1964.38
		CP15-3	1969.57	

Fuente: Propia

En la tabla N° 13 encontramos el resumen de pesos unitarios calculados previamente obteniendo 4 promedios de pesos unitarios de las 4 mezclas identificadas con su respectiva codificación.

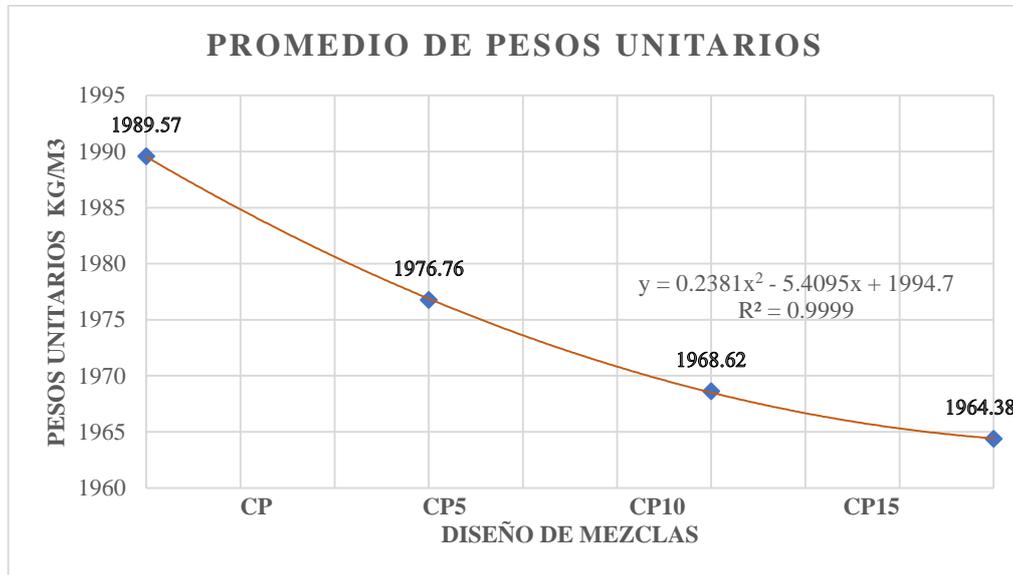


Figura N° 25. Curva de Tendencia de pesos unitarios en estado fresco

Fuente: Propia

Como se muestra en la figura N° 25 tenemos en la abscisa X los 4 diseños de mezcla y en la abscisa Y los pesos unitarios promedios para cada dosificación.

4.2.2. Porcentaje de vacíos en el concreto poroso en estado fresco

Para la obtención de esta propiedad como es el porcentaje de vacíos se utilizó la metodología aplicada en el peso unitario del concreto poroso en estado fresco, para luego realizar el cálculo respectivo de los porcentajes de vacíos (Ver Anexo 02).

En la tabla N° 14 se resume los porcentajes de vacíos en estado fresco, obteniéndose 4 promedios de porcentajes de vacíos para los 4 diseños de mezcla.

Tabla N° 114. Resumen de porcentajes de vacíos en estado fresco

Tamaño de Agregado grueso	Código	% de Vacíos	
		Parcial	Promedio
A.G. 1/2"	CP-1	15.83 %	
	CP-2	15.41 %	16.01 %
	CP-3	16.79 %	
	CP5-1	16.49 %	
	CP5-2	16.37 %	16.55 %
	CP5-3	16.80 %	
	CP10-1	16.52 %	
	CP10-2	16.61 %	16.90 %
	CP10-3	17.56 %	
	CP15-1	16.78 %	
	CP15-2	17.59 %	17.08 %
	CP15-3	16.86 %	

Fuente: Propia

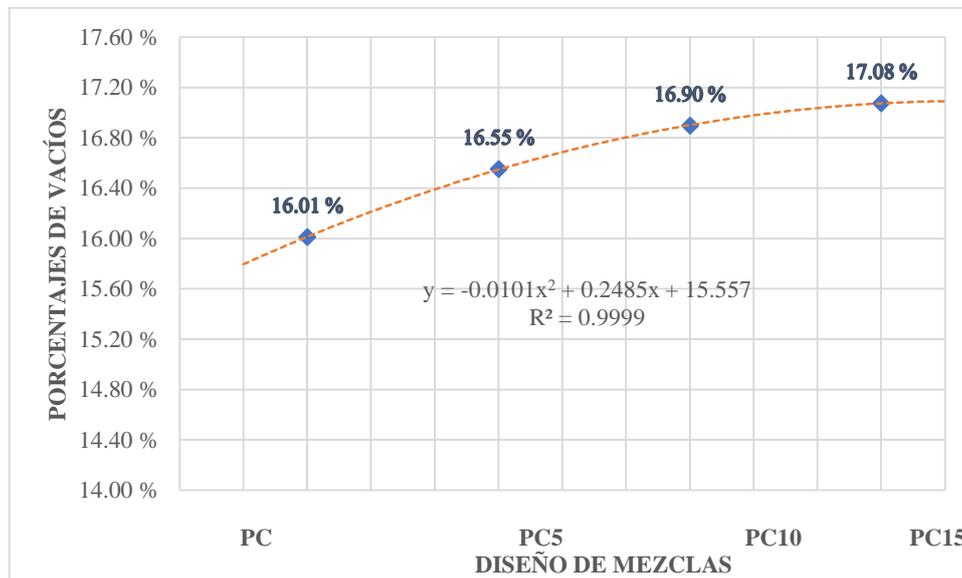


Figura N° 26. Curva de tendencia de porcentajes de vacíos en estado fresco

Fuente: Propia

Como se muestra en la figura N° 26 tenemos en la abscisa X los 4 diseños de mezcla y en la abscisa Y los porcentajes de vacíos para cada dosificación.

4.2.3. Trabajabilidad -Slump

De las 4 dosificaciones de concreto elaborado en el proyecto, se obtuvo un Slump de 0, el cual contrasta el Slump de diseño (0"-2"). Los resultados se pueden apreciar en la Tabla N° 15.

Tabla N° 125. Resultados de Trabajabilidad - Slump

Dosificación	Slump
Sin Adición	0"
Con 5% de Caucho	0"
Con 10% de Caucho	0"
Con 15% de caucho	0"

Fuente: Propia

4.3. Resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto

Los ensayos de resistencia a compresión para los diferentes diseños de concreto poroso se realizaron a 72 testigos de concreto a los 7, 14 y 28 días de curado (Ver Anexo 3).

4.3.1. Resistencia promedio del concreto con respecto al diseño de mezclas verificamos la relación que tiene la resistencia a compresión con el porcentaje de caucho adicionado en las diferentes edades de curado.

Tabla N° 136. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 7 días de curado

% de Caucho Adicionado	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm²)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
0	108.05	10.60	61.74
5	97.87	9.60	55.92
10	86.42	8.48	49.38
15	76.13	7.47	43.51

Fuente: Propia

En la tabla N° 16 se puede apreciar la resistencia a compresión por cada diseño de mezcla realizado a los 7 días de curado.

Tabla N° 147. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 14 días de curado.

% de Caucho Adicionado	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm2)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
0	147.34	14.45	84.19
5	140.29	13.76	80.17
10	137.17	13.45	78.38
15	131.24	12.87	75.00

Fuente: Propia

En la tabla N° 17 se puede apreciar la resistencia a compresión por cada diseño de mezcla realizado a los 14 días de curado.

Tabla N° 158. Verificación de la relación de Resistencia a la compresión y % de caucho adicionado a los 28 días de curado

% de Caucho Adicionado	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm2)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
0	172.78	16.94	98.73
5	160.68	15.76	91.82
10	154.19	15.12	88.11
15	147.18	14.43	84.10

Fuente: Propia

Como se aprecia en la tabla N° 18 se describe la resistencia a compresión por cada diseño de mezcla realizado a los 28 días de curado.

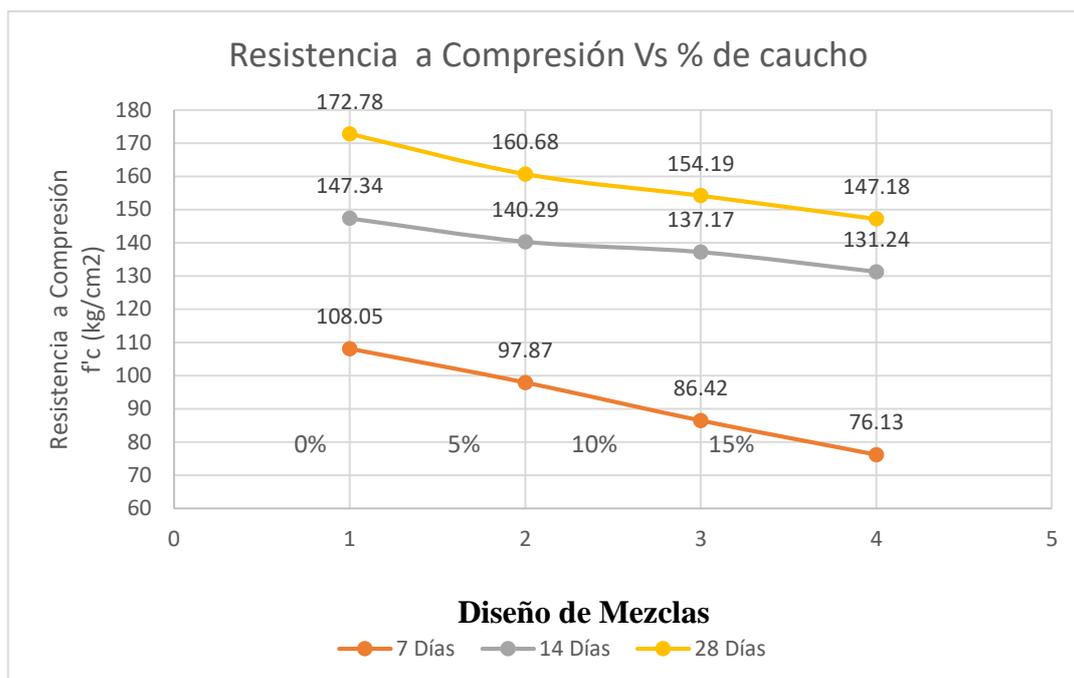


Figura N° 27. Comportamiento de la Resistencia a la compresión con respecto al diseño de mezclas.

Fuente: Propia

En la figura N° 27 podemos apreciar la evolución de las tres líneas de tiempo de curado (7, 14 y 28 días) del comportamiento de la Resistencia a la compresión con respecto al diseño de mezclas (0%, 5%, 10% y 15% de partículas de caucho reciclado).

4.3.2. Resistencia promedio de los testigos con respecto al tiempo de curado.

Una vez procesados los datos se realizó el análisis de como varía la resistencia con respecto al tiempo de curado.

En las tablas N° 20, 21, 22 y 23 se muestra la resistencia a compresión por cada tiempo de curado (7, 14 y 28 días) como es de esperarse a mayor tiempo de curado la resistencia se incrementa de acuerdo al diseño de mezclas sin o con adición de partículas de caucho reciclado.

Tabla N° 19. Resistencia Promedio a la compresión y Tiempo de curado sin adición de partículas de caucho reciclado

Edad (Días)	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm2)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
7	108.05	10.60	61.74
14	147.34	14.45	84.19
28	172.78	16.94	98.73

Fuente: Propia

Tabla N° 20. Resistencia Promedio a la compresión y Tiempo de curado con 5% de adición de partículas de caucho reciclado

Edad (Días)	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm2)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
7	97.87	9.60	55.92
14	140.29	13.76	80.17
28	160.68	15.76	91.82

Fuente: Propia

Tabla N° 21. Resistencia Promedio a la compresión y Tiempo de curado con 10% de adición de partículas de caucho reciclado

Edad	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm2)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
7	86.42	8.48	49.38
14	137.17	13.45	78.38
28	154.19	15.12	88.11

Fuente: Propia

Tabla N° 22. Resistencia Promedio a la compresión y Tiempo de curado con 15% de adición de partículas de caucho reciclado

Edad	Resistencia Promedio a la Compresión (kg/cm ²)	Resistencia Promedio a la Compresión (MPa)	% de Resistencia del f'c (%)
7	76.13	7.47	43.51
14	131.24	12.87	75.00
28	147.18	14.43	84.10

Fuente: Propia

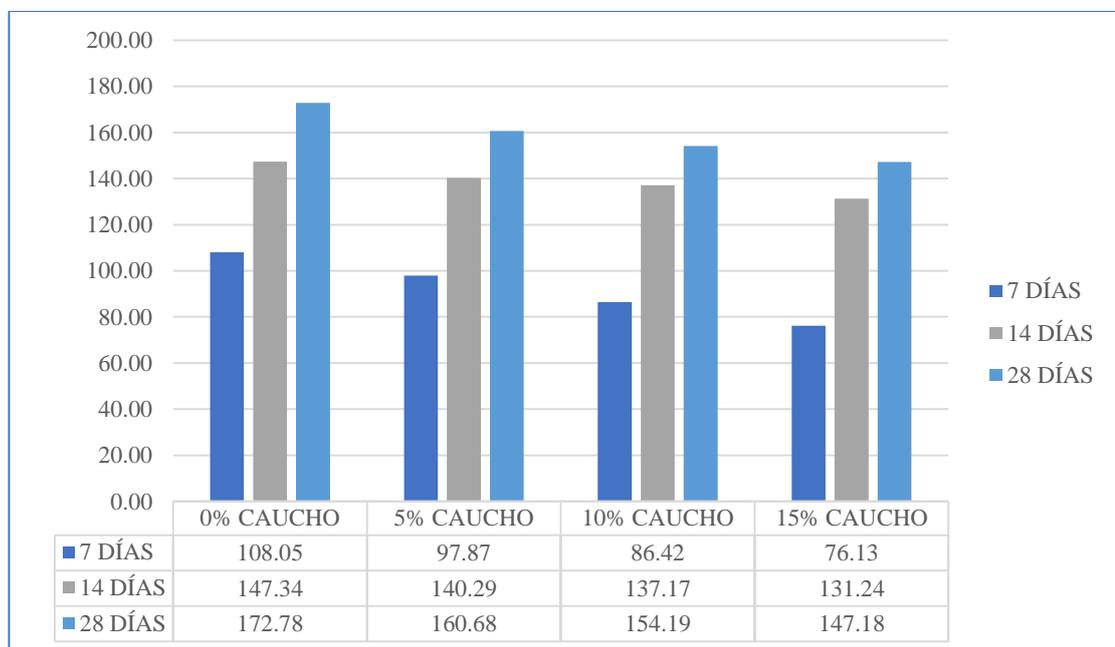


Figura N° 28. Comportamiento de la Resistencia a la Compresión del concreto poroso

Fuente: Propia

En la figura N° 28 se aprecia el Comportamiento de los cuatro diseños de mezclas (0%, 5%, 10% y 15% de partículas de caucho reciclado) del comportamiento de la Resistencia a la compresión con respecto al tiempo de curado (7, 14 y 28 días).

4.4. Permeabilidad de testigos cilíndricos de concreto poroso

Se determinó la permeabilidad del concreto poroso a los 14 y 28 días según recomendación del ACI 522R-10 para las diferentes dosificaciones (**Ver Anexo 4**), para el cual se ensayaron un total de 48 testigos de concreto.

4.4.1. Permeabilidad promedio con respecto al % de adición de caucho reciclado.

Tabla N° 163. Relación de Permeabilidad Vs. % de adición de caucho reciclado, medidos a los 14 días

% de Caucho Adicionado	Permeabilidad Promedio (mm/s)
0	4.04
5	4.56
10	5.95
15	8.45

Fuente: Propia

En la tabla N° 23 se puede apreciar el coeficiente de permeabilidad promedio por cada diseño de mezcla de las 24 probetas ensayadas a los 14 días de curado.

Tabla N° 24. Relación de Permeabilidad Vs. % de adición de caucho reciclado, medidos a los 28 días

% de Caucho Adicionado	Permeabilidad Promedio (mm/s)
0	3.91
5	4.72
10	6.56
15	7.98

Fuente: Propia

En la tabla N° 24 se puede apreciar el coeficiente de permeabilidad promedio por cada diseño de mezcla de las 24 probetas ensayadas a los 28 días de curado.

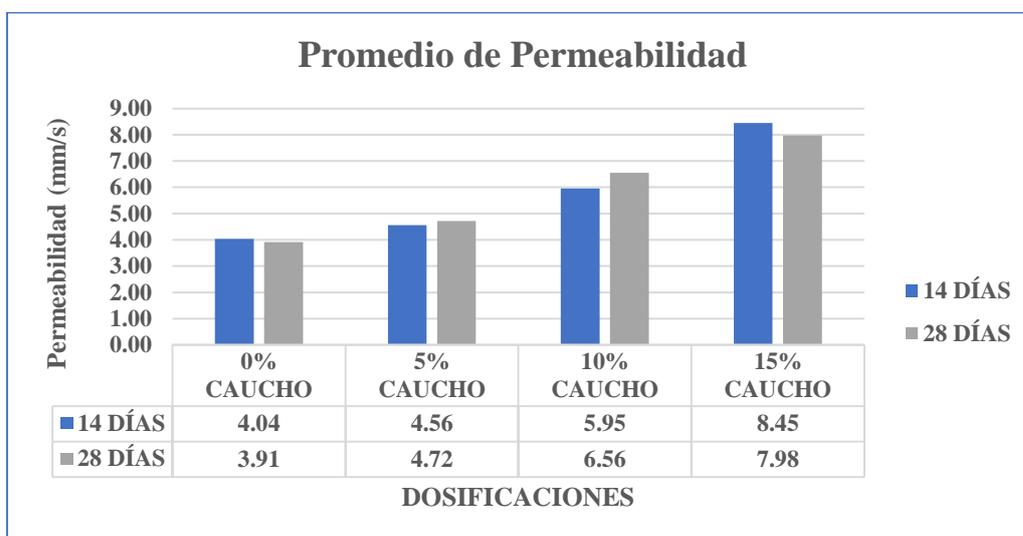


Figura N° 29. Comportamiento de la Permeabilidad con respecto al diseño de Mezclas

Fuente: Propia

En la figura N° 29 podemos apreciar la evolución de las dos líneas de tiempo de curado (14 y 28 días) del comportamiento de la permeabilidad con respecto al diseño de mezclas (0%, 5%, 10% y 15% de partículas de caucho reciclado).

4.5. Análisis estadístico de los resultados

4.5.1. Analisis estadístico de resultados de Resistencia a la compresión

Tabla N° 25. Estadísticos de Grupos - Resistencia a la Compresión de testigos

Dosificación	Edad de ruptura	Media	Mediana	Varianza	Desv. Desviación
Sin adición de Caucho	7	108.05	108.72	66.27	8.14
	14	147.34	146.38	58.31	7.64
	28	172.79	171.93	50.73	7.12
Con 5% de adición de partículas de caucho reciclado	7	97.87	98.10	25.63	5.06
	14	140.29	140.04	48.14	6.94
	28	160.68	160.36	10.06	3.17
Con 10% de adición de partículas de caucho reciclado	7	86.42	86.44	86.43	4.23
	14	137.17	138.83	17.35	4.16
	28	154.19	154.65	9.85	3.14
Con 15% de adición de partículas de caucho reciclado	7	76.13	76.83	143.67	11.99
	14	131.25	131.70	62.96	7.93
	28	147.18	150.00	68.32	8.27

Fuente: Propia

De la parte a). del ANEXO 05. ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS,

- La prueba de esfericidad de Mauchly se puede indicar que si se cumple el supuesto de Esfericidad (W Mauchly = 0.945, $gl=2$, $p>0.05$).
- De la iteración que se da entre EDAD*DOSIFICACIÓN tanto de forma lineal y cuadrática la significancia es $p>0.05$, de lo cual nos indica que son independientes las variables.
- De prueba post hoc HSD Tukey se concluye que la diferencia es bien significativa entre la resistencia a la compresión de cada dosificación $p=1.00$, con un error de la media cuadrática de 14.964.
- Del análisis de las medias marginales estimadas se concluye que a mayor porcentaje de caucho adicionado va disminuyendo la resistencia a la compresión del Concreto Poroso.

4.5.2. Analisis estadístico de resultados de Permeabilidad de los testigos.

Tabla N° 26. Estadísticos de Grupos - Permeabilidad de Testigos

Dosificación	Edad de Ensayo	Media	Mediana	Varianza	Desv. Desviación
Sin adición de Caucho	14	4.04	4.09	0.02	0.13
	28	3.91	3.90	0.03	0.16
Con 5% de adición de partículas de caucho reciclado	14	4.56	4.53	0.02	0.14
	28	4.73	4.76	0.02	0.13
Con 10% de adición de partículas de caucho reciclado	14	5.95	6.01	0.27	0.52
	28	6.56	6.48	0.16	0.40
Con 15% de adición de partículas de caucho reciclado	14	8.45	8.26	0.57	0.76
	28	7.98	8.08	0.41	0.64

Fuente: Propia

De analisis estadisto (Metodo Anova) de la Parte b), del ANEXO 05. ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS.

- La prueba de esfericidad de Mauchly se puede indicar que si se cumple el supuesto de Esfericidad ($W_{\text{Mauchly}} = 1$, $gl=0$), de acuerdo a la teoría nos indica que cuando solo son 2 grupos que la esfericidad si se cumple.
- Con respecto a los resultados obtenidos de la prueba de efecto Inter – Sujeto se identificó que no diferencia significativa de acuerdo a las edades que se midieron la permeabilidad ($p>0.05$).
- De la iteración que se da entre EDAD*DOSIFICACIÓN de forma lineal la significancia es $p>0.05$, de lo cual nos indica que son independientes las variables analizadas.
- De prueba post hoc HSD Tukey se concluye que la diferencia es bien significativa entre la resistencia a la compresión de cada dosificación $p=1.00$, con un error de la media cuadrática de 0.123
- Del análisis de las medias marginales estimadas se concluye que a mayor porcentaje de caucho adicionado va incrementando cada vez más la Permeabilidad del Concreto.

V. DISCUSIÓN

1.- Con los ensayos realizados de resistencia a la compresión y Permeabilidad a los testigos, se verifica que el concreto obtenido en el diseño si cumple con las características de un concreto poroso según la clasificación de la ACI 522R. así mismo con el ensayo de permeabilidad se determina que el concreto tiene una permeabilidad promedio de 3.91 mm/s y una resistencia a la compresión promedio de 172.78 kg/cm² a los 28 días en el diseño patrón.

2.- Los testigos con adición del 5%, 10% y 15 de caucho reciclado también se les realizo los ensayos de permeabilidad y resistencia a la compresión, los resultados están en las tablas N° 16, 17,18, 23 y 24 ; de ahí se infiere que la mayor resistencia a la compresión es de los testigos sin adición de partículas de caucho reciclado y la mayor permeabilidad obtenida es de la muestra con el 15% de partículas de caucho reciclado obteniendo una permeabilidad de 7.98 mm/s, siendo un poco más del doble de la permeabilidad promedio del diseño patrón.

3.- En la investigación de Gonzales (2017), que el incremento en porcentaje mayores de caucho reciclado, la resistencia a la compresión tiende a descender proporcionalmente al incremento que se añade al concreto poroso. En la investigación se añadió 5%, 10% y 15% de caucho en el concreto poroso, los resultados obtenidos muestran una diferencia descendente de resistencia del 7.72% con respecto del 15% y 5% de caucho añadido, además los resultados muestran que la adición de partículas de caucho reciclado influye de manera favorable en la permeabilidad del concreto.

De la investigación de Castañeda & Moujir (2014) en la cual afirma que en su diseño de mezclas de concreto poroso sin finos utilizo la relación Agua/Cemento (a/c) de 0.66 dándole un promedio de 8.71” de asentamiento. En comparación con esta investigación el Slump es 0, debido a la baja relación a/c=0.38, la cual genera la mayor cantidad de poros en el concreto permeable.

De la evaluación de la permeabilidad y la resistencia a la compresión para todos los especímenes ensayados (0%, 5%, 10% y 15% de partículas de caucho reciclado) se observa que a medida que se incrementa el porcentaje de caucho reciclado la permeabilidad incrementa en un 20%, con respecto a la mezcla patrón, no ocurriendo así con la resistencia a compresión, la cual disminuye en un 5%.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- En esta investigación se realizó la dosificación de mezcla de concreto permeable basado en la incorporación de porcentaje interconectado de vacíos en la mezcla en función de la relación agua cemento (a/c), logrando sobrepasar los valores mínimos del coeficiente de permeabilidad (k) que se encuentran dentro del rango establecido por el ACI 522R para concretos permeables.
- De la resistencia a compresión se determinó que conforme aumentamos la incorporación de partículas de caucho reciclado en las diferentes dosificaciones la resistencia tiende a un declive negativo, en comparación con la mezcla patrón sin adición de caucho.
- El coeficiente de permeabilidad determinado para todas las dosificaciones (0%, 05%, 10% y 15%) la permeabilidad tiende a aumentar conforme incrementamos de partículas de caucho reciclado, en comparación con la mezcla patrón sin adición y están dentro del rango de 1.4 mm/s a 12.2 mm/s, definido por el reporte ACI 522R.

6.2. Recomendaciones

- Se recomienda usar aditivos reductores de agua para la elaboración de concreto permeables con adición de partículas de caucho reciclado, para que se obtenga una mayor trabajabilidad de la pasta.
- Se recomienda un tiempo promedio para el mezclado de la pasta del concreto poroso entre 4 a 6 minutos

- En función a los resultados obtenido en esta investigación se recomienda realizar investigaciones utilizando canto rodado como agregado grueso y determinar la influencia que generaría las partículas de caucho reciclado.
- Para futuras investigaciones en el tema se recomienda realizar concreto poroso añadiéndole agregado fino y determinar la influencia que tendría la adición de partículas de caucho reciclado, en base a los resultados obtenidos se tendría concreto bien permeables, si bien la utilización de agregado fino no permitiría la formación de vacíos interconectados para la fácil circulación del agua, las partículas de caucho mejorarían ese comportamiento.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI 522R-10, A. C. (2010). *Report on Pervious Concrete*.
- Aire, C. (2010). *Concreto Permeable: Alternativas Sustentables*. Obtenido de Construcción y Tecnología en Concreto: <http://www.imcyc.com/revistacyt/jun11/arttecnologia.htm>
- Aquino, R. (2015). Diseño y aplicación de concreto ecológico con fibras de polipropileno para pavimentos rígidos. (*Tesis Profesional*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Arango, S. (4 de 5 de 2014). *Concreto permeable: Desarrollo urbano de bajo impacto*. Obtenido de 360 En Concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto-permeable-desarrollo-urbano-de-bajo-impacto>
- Arteaga, D. M., & Patiño, C. A. (2018). Análisis de contenidos de vacíos para el diseño de mezclas del concreto permeable con aditivo sikacem en pavimentos Lima, 2018. (*Tesis Profesional*). Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- ASTM C1688 / 1688M, A. (s.f.). *Método de Ensayo Estándar para la Determinación*.
- Cardona, H. A. (2017). Propiedades mecánicas y de filtración en hormigones permeables con cemento portland e hidráulicos. (*Tesis Profesional*). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Castañeda, L. F., & Moujir, Y. F. (2014). Diseño y aplicación de concreto poroso para pavimentos. (*Tesis Profesional*). Pontificia Universidad Javeriana, Santiago de Cali.
- Castro, J., de Solminihac, H., Videla, C., & Fernández, B. (2009). Laboratory study of mixture proportioning for pervious concrete. *Revista Ingeniería de Construcción Vol. 24 N°3*, 271-284.
- Cordova, R. (2016). Determinación del grado de permeabilidad y Evaluación de la Resistencia a la Colmatación, Haciendo Uso de Aditivos de las Marcas Sika y Euco para la Fabricación de Concreto Poroso en la Ciudad de Arequipa. (*Tesis Profesional*). Universidad Católica de Santa María, Arequipa.
- Esteve, J. (26 de 6 de 2012). *Reciclaje de Neumáticos: Procesos y Usos*. Obtenido de Reciclaje Verde: <https://reciclajeverde.wordpress.com/2012/06/26/reciclaje-de-neumaticos-procesos-y-usos/>

- Flores, C. E., & Pacompia, I. A. (2015). Diseño de Mezcla de concreto Permeable con Adición de Tiras de Plastico para Pavimentos $f'c$ 175 kg/cm² en la Ciudad de Puno. (*Tesis Profesional*). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- González, J. G. (2017). Utilización de granulado de caucho reciclado como adición para concreto permeable para uso en estacionamientos vehiculares. (*Tesis Profesional*). Universidad de San Carlos de Guatemala, San Carlos.
- Guzmán, Y. J., & Guzmán, E. L. (2015). Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote - 2015. (*Tesis Profesional*). Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- Leyva, M. M., & Palomino, B. R. (2016). Evaluación comparativa de la permeabilidad, resistencia a la compresión del concreto poroso elaborado con cemento IP y agregado de 1/2", 3/8" y 1/4" de las canteras de Machupichu, Abril y Huillque. (*Tesis Profesional*). Universidad Andina del Cusco, Cusco.
- Mendoza, E. J., & Ospina, J. K. (2018). Mezcla de concreto permeable como parte de la estructura del pavimento rígido, aplicado a vías de tráfico medio. (*Tesis Profesional*). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Moreno, A. J. (2015). Implementación del método de presión para medir la permeabilidad en el concreto. (*Tesis Profesional*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- Pérez, J. C., & Arrieta, Y. L. (2017). Estudio para caracterizar una mezcla de concreto con caucho reciclado en un 5% en peso comparado con una mezcla de concreto tradicional de 3500 psi. (*Tesis Profesional*). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Pieralisi, R. (2016). Caracterización y modelado de concreto permeable. *Tesis Doctoral*. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona.
- Porras, J. M. (2017). Metodología de diseño para concretos permeables y sus respectivas correlaciones de permeabilidad. (*Licenciatura en Ingeniería en Construcción*). Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (2015). *Metodología y Diseños en la Investigación Científica*. Lima: Business suport Aneth.
- Silva, O. J. (2015). *El concreto como material sostenible*. Obtenido de 360 en Concreto: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/el-concreto-como-material-sostenible>

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico con mucho amor y cariño para mi hija Kristell Grabiela, por ser el detonante de mi felicidad, de mi esfuerzo, de mis ganas de buscar lo mejor para ti, como también a mi padre Diego, a mi madre Florelí y a todos mis hermanos por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos de mi vida.

JOSÉ RONALD

Dedico esta tesis a mis padres, Doraliza y Rubén quienes me apoyaron en todo momento, con su esfuerzo me han permitido cumplir este sueño tan enhelado y a mis hermanos quienes son parte esencial en mi vida y en mi formación universitaria, ya que con su apoyo, cariño y consejos, he podido llegar a esta etapa de mi formación académica.

JOSÉ VENTO

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Díos por darnos vida, salud y las fortalezas para poder culminar esta estapa profesional.

A nuestra casa superior de estudios, **Universidad Nacional de Jaén** por haber contribuido en nuestra formación academica.

A nuestro asesor, el **Ing. Cesar Jesús Díaz Coronel** por brindarnos su constante apoyo en el desarrollo de esta investigación, por su capacidad y conocimientos del tema.

A nuestras familias y amigos y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron y creyeron en la realización de esta investigación.

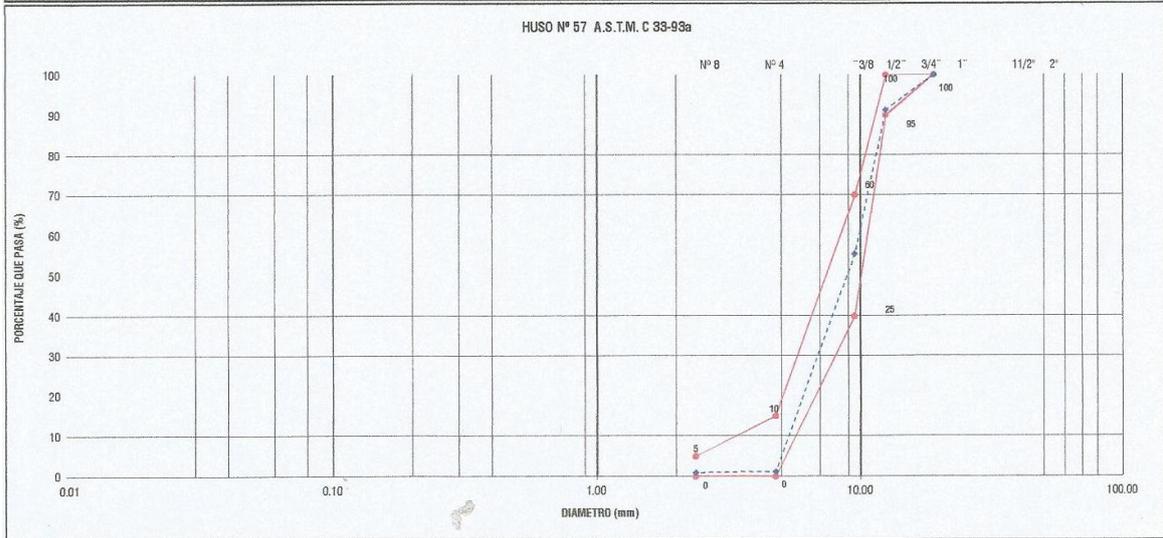
ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LOS AGREGADOS PARA CONCRETO

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS			SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD				
DATOS DEL PROYECTO				DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACIÓN : SOLICITANTE :	INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECIKLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA DISTRITO:JAEN ,PROVINCIA ,JAEN , REGION ,CAJAMARCA BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH: JOSE VENTO VASQUEZ QUISEP			JEFE DE CALIDAD : TECNICO DE LAB : ASISTENTE DE LAB :	JENEER KINBEL RAMOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAHONA ARDOR CIEZA ROMERO
DATOS DEL MUESTREO				DATOS DE ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CANTERA Y/O OTRO:	SANTA ROSA	CODIGO MUESTRA:	-	USO : FECHA :	A.GRUESO PARA CONCRETO NOVIEMBRE 2019
					FRECUENCIA : LUGAR DE MUESTREO :
					m3 CANTERA

ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
A.S.T.M. C 136

FRACCION	TAMIZ		PESO RETENIDO PARCIAL (gr)	PORCENTAJE RETENIDO PARCIAL (%)	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACION HUSO 57 PORCENTAJE QUE PASA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%) A.S.T.M. C 566		
	Nº	ABERTURA (mm)						TEMPERATURA DE SECADO	AMBIENTE	110° C
FRACCION GRUESA	3"	75.00	0.0	0.00	0.0	100.0	-	PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (gr)	6800.00	
	2 1/2"	63.00	0.0	0.00	0.0	100.00	-	PESO TOTAL MUESTRA SECA (gr)	6765.00	
	2"	50.80	0.0	0.00	0.0	100.00	-	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.52	
	1 1/2"	37.50	0.0	0.00	0.0	100.00	-	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200		
	1"	25.40	0.0	0.00	0.0	100.00	-	A.S.T.M. C 117		
	3/4"	19.00	0.0	0.00	0.0	100.00	100	PESO INICIAL SECO (gr)	6700.00	
	1/2"	12.50	580.0	8.66	8.7	91.34	90 - 100	PESO FINAL SECO, DESPUES DE LAVADO (gr)	6663.00	
	3/8"	9.50	2399.0	35.83	44.5	55.50	40 - 70	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200 (%)	0.55	
								CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGREGADO GRUESO		
FRACCION FINA	Nº 4	4.75	3636.0	54.31	98.8	1.19	0 - 15	PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm³)	-	
	Nº 8	2.36	19.15	0.29	99.1	0.91	0 - 5	PESO UNITARIO SUELTO SECO (kg/m³)	-	
	Nº 16	1.18	5.98	0.09	99.2	0.82	-	PESO UNITARIO COMPACTADO SECO (kg/m³)	-	
	Nº 30	0.60	3.31	0.05	99.2	0.77	-	ABSORCION (%)	-	
	Nº 50	0.30	2.94	0.04	99.3	0.72	-	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.52	
	Nº 100	0.15	4.49	0.07	99.3	0.66	-	MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ Nº 200	0.55	
	Nº 200	0.075	7.01	0.10	99.4	0.55	-	ABRACION LOS ANGELES (%)	-	
	CAZOLETA	--	37.00	0.55	100.0	0.00	-	MODULO DE FINURA (Mf)	6.39	
	TOTAL		6694.9							



D60 =	9.50	D30 =	6.90	D10 =	5.20
	Cu =	1.90	Cc =	0.92	

OBSERVACIONES: LA CURVA GRANULOMETRICA DEL AGREGADO GRUESO CUMPLE EN PARTE CON EL HUSO GRANULOMETRICO EG 19, DE LA NORMA A.S.T.M. C 33-93a. Y LA NORMA N.T.P. 400.37 Y TIENE UN MODULO DE FINURA DE 6.39



LABSUC

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jenner Kimbel Ramos Diaz

Jenner Kimbel Ramos Diaz

INGENIERO CIVIL

CIP: 218809

**PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C 29**

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA
UBICACIÓN: DISTRITO JAEN ,PROVINCIA JAEN ,REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH: JOSE VENTO VASQUEZ QUISPE
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : NOVIEMBRE 2019

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	6090.00	6200.00	6175.00
Peso del material (gr.)	3753.00	3863.00	3838.00
Factor (f)	0.313	0.313	0.313
Peso Unitario Seco Suelto (Kg/m ³)	1175	1209	1201
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =	1195		Kg/m³

OBSERVACIONES :

**PESO UNITARIO COMPACTADO DEL AGREGADO GRUESO
ASTM C 29**

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA
UBICACIÓN: DISTRITO JAEN ,PROVINCIA JAEN ,REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH: JOSE VENTO VASQUEZ QUISPE
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : NOVIEMBRE 2019

ENSAYO N°	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	5338.00	5338.00	5338.00
Peso del recipiente + material (gr.)	19035.00	19108.00	19236.00
Peso del material (gr.)	13697.00	13770.00	13898.00
Factor (f)	0.105	0.105	0.105
Peso Unitario Seco Compactado (Kg/m ³)	1440	1448	1461
P. UNITARIO S. COMPACTADO PROMEDIO =	1450		Kg/m³

OBSERVACIONES :

**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO
ASTM C 127 MTC E 206**

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA
UBICACIÓN: DISTRITO :JAEN ,PROVINCIA JAEN , REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH: JOSE VENTO VASQUEZ QUISPE
CANTERA: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING:JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : NOVIEMBRE 2019

ENSAYO N°	1	1	1	PROMEDIO
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SECADA AL HORNO (gr) A	5000.00	5000.00	5000.00	
PESO EN EL AIRE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (gr) B	5038.00	5044.00	5039.00	
PESO SUMERGIDO EN AGUA DE LA MUESTRA SATURADA (gr) C	3122.00	3128.00	3117.00	
PESO ESPECIFICO DE MASA (gr/cm ³)	2.61	2.61	2.60	2.61
ABSORCION (%)	0.76	0.88	0.78	0.81

DENSIDAD DEL CAUCHO

PROYECTO : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA
UBICACIÓN: DISTRITO JAEN ,PROVINCIA JAEN ,REGION CAJAMARCA
SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH: JOSE VENTO VASQUEZ QUISPE
CANtera: SANTA ROSA
RESPONSABLE : ING.JENNER RAMOS DIAZ
OPERADOR : JHONATAN HERRERA BARAHONA
FECHA : NOVIEMBRE 2019

ENSAYO Nº	1	2	3
Peso del recipiente (gr.)	2337.00	2337.00	2337.00
Peso del recipiente + material (gr.)	3850.00	3851.00	3890.00
Peso del material (gr.)	1513.00	1514.00	1553.00
Volumen del recipiente	2829.450	2829.450	2829.450
Densidad (gr/cm ³)	0.535	0.535	0.549
P. UNITARIO S. SUELTO PROMEDIO =	0.540		gr/cm³

OBSERVACIONES :

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenner Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

ANEXO 2.RESULTADOS DE DISEÑO DE MESCLAS

I. DISEÑO DE CONCRETO POROSO SIN FINOS

1.1.- Características de los Materiales de la Mezcla

Características del Agregado obtenido en el laboratorio y de comprobar que si cumplen para el diseño y elaboración de un Concreto Poroso:

Material	Densidad Aparente (kg/m3)	Tamaño del Agregado (pulg)	Masa Unitaria Suelta (Kg/m3)	Masa Unitaria Compactada (kg/m3)	Absorción (%)	Humedad
Grava (Ag)	2610	½"	1195	1450	0.81	0.52
Cemento (C)	3100		1150			
Agua (A)	1000					

Las Propiedades del cemento fueron tomadas de las especificaciones técnicas de la marca.

1.2.- Parámetros iniciales de Diseño

Resistencia Especifica de Diseño			Resistencia promedio Requerida		
Mpa	Kg/cm2	Psi	Mpa	Kg/cm2	Psi
17.5	175	2500	21	210	3000

El asentamiento Máximo esperado, para esta mezcla es de 2"

1.3.- Valores Empiricos Establecidos

Porcentaje de Vacíos de Diseño (%)	Relación (Agua/Cemento)
17%	0.38

1.4.- Cálculo del factor de Compactación y del Volumen de la Porosidad del esqueleto Granular.

Se calcula con las ecuaciones.

$$\text{Factor de Compactación (FC)} = \frac{\text{Densidad Real}}{\text{Densidad Teórica}}$$

$$\text{Factor de Compactación} = -3.37 * (a/c)^2 + 3.49 * (a/c) + 0.11$$

$$Porosidad_{Esq. Granular} = \left(1 - \frac{Masa Unitaria Compactada_{Grava} * Fc}{Densidad Aparente_{Grava}} \right)$$

Densidad Aparente Grava (kg/m3)	Masa Unitaria Compacta (kg/m3)	Factor de Compactación
2610	1450	0.95

Porosidad Esqueleto granular	0.472
------------------------------	-------

1.5.- Calculo del Volumen del Mortero.

$$Volumen_{pasta} = Porosidad_{Esq. Granular} - Porcentaje de Vacíos de Diseño$$

Porcentaje de Vacíos de Diseño	Porosidad Esq. Granular	Volumen de la Pasta
17%	0.472	0.30

1.6.- Calculo del Contenido de Cemento

$$Peso_{Cemento}(C) = \frac{Volumen_{pasta}}{\left(\frac{1}{densidad_{Cemento}} + \frac{a/c}{densidad_{agua}} \right)}$$

Relación a/c	Peso Cemento Kg/m3
0.38	430.50

1.7.- Volumen de cemento por metro Cúbico de Concreto

$$Volumen_{cemento} = \frac{Peso_{Cemento}(C)}{Densidad_{cemento}}$$

Peso Cemento (kg/m3)	Densidad Cemento (kg/m3)	Volumen de Cemento m3/m3 de Cemento
430.5	3100	0.14

1.8.- Calculo del Contenido de Agua (A).

Para el cálculo del contenido del agua se multiplica la relación Arena/Cemento por la cantidad de Cemento.

Relación a/c	Cantidad de Cemento kg/m ³	Cantidad de Agua Lt/m ³
0.38	430.5	163.59

1.9.- Volumen Seco de la Grava por Metro Cúbico de Concreto.

$$Volumen_{Cemento} = 1 - (Vol_{Cemento} + Vol_{vacios})$$

Se reemplaza los datos en la formula

Volumen de Material por m ³ de Concreto			
Cemento (C)	Agua (A)	Vacíos	Grava
0.14	0.164	17%	0.53

1.10.- Peso Seco de la Grava

Con la densidad del Agregado Grueso es posible calcular el peso seco del material utilizando la ecuación.

$$Peso\ Seco_{AG} = Vol_{AG} * Densidad_{AG}$$

Peso Seco (kg/m ³)	
Grava (Ag)	1376.88

1.11.- peso Húmedo de la Grava.

Con el peso seco de la Grava y la humedad obtenida natural en el laboratorio se calcula el Peso Húmedo del Agregado Grueso.

$$Peso\ Húmedo_{AG} = Peso\ Seco_{Grava} * \left(1 + \frac{\%humedad_{AG}}{100}\right)$$

Material	Humedad (%)	Peso Húmedo (kg/m ³)
Grava (Ag)	0.52	1384.04

1.12.- Volumen Húmedo de los Agregados por metro Cúbico de Concreto

$$Volumen\ Húmedo_{AG} = \left(\frac{Peso_{húmedo}}{Densidad_{AG}} \right)$$

Con el Peso Húmedo y la humedad del material se calcula el volumen del Agregado Grueso con la siguiente ecuación.

Volumen Húmedo por m3 de Concreto	
Grava (Ag)	0.53

1.13.- Ajustes de la Cantidad de Agua de Mezclado debido a la humedad de los Agregados.

$$Ajuste\ Agua_{AG} = Peso\ Seco_{AG} \left(\frac{\%Humedad_{AG}}{100} + \frac{\%Absorcion_{AG}}{100} \right)$$

$$Agua\ Efectiva = Ajuste\ Agua_{AG} - Cantidad\ de\ Agua\ de\ Mezcla(A)$$

Material	humedad	Absorción	Comportamiento entre la Humedad y la Absorción de los Agregados	Agua
Grava	0.0052	0.00810	Falta Agua	-0.002900

Al multiplicar la diferencia entre la humedad y la absorción por el peso seco del agregado, se obtiene de forma directa cuanto Agua tiene o falta para cada agregado, posteriormente, la diferencia entre exceso y carencia se compara con la cantidad final de agua de mezclado y así sea efectúa el ajuste por humedad.

Exceso o carencia de Agua en los Agregados (kg)	Cantidades de Agua de mezclado (A)	Agua efectiva
Grava (Ag)	Kg/m3	Kg/m3
-3.99	163.59	167.58

1.14.- Proporciones de los materiales de la Mezcla en peso y en Volumen Para 1m³ de Concreto Poroso

Recopilación de la Información calculada y mostrada anterior mente, en general es el cuadro de cantidades para cada uno de los materiales a utilizar en el diseño de mezcla.

Material	Densidad (kg/m ³)	Peso Seco (kg/m ³)	Volumen seco (kg/m ³)	Peso húmedo (kg/m ³)	Vol. Húmedo (kg/m ³)
Cemento (C)	3100	430.50	0.14		0.14
Grava (Ag)	2610	1376.88	0.53	1384.03917	0.53
Agua (A)	1000		0.17		0.17
Aire (Ai)			0.17		0.17

II. PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Esta propiedad del concreto poroso está relacionado al porcentaje de vacíos de diseño.

Cálculo del Peso unitario en estado fresco del concreto poroso (0% caucho)

DATOS	CP-1	CP-2	CP-3
Masa de concreto + masa de la olla Washington (Mc)	17.412 kg	17.481 kg	17.253 kg
Masa de la olla Washington (Mm)	3.455 kg	3.455 kg	3.455 kg
Volumen de la olla Washington (Vm)	0.007 m ³	0.007 m ³	0.007 m ³
RESULTADOS	CP-1	CP-2	CP-3
Peso unitario del concreto (D).....(Mc-Mm)/Vm	1993.86	2003.71	1971.14
PROMEDIO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO	1,989.57 kg/m ³		

Fuente: Propia

Cálculo del Peso unitario en estado fresco del concreto poroso (5% caucho)

DATOS	CP5-1	CP5-2	CP5-3
Masa de concreto + masa de la olla Washington (Mc)	17.302 kg	17.323 kg	17.252 kg
Masa de la olla Washington (Mm)	3.455 kg	3.455 kg	3.455 kg
Volumen de la olla Washington (Vm)	0.007 m ³	0.007 m ³	0.007 m ³
RESULTADOS	CP5-1	CP5-2	CP5-3
Peso unitario del concreto (D).....(Mc-Mm)/Vm	1978.14	1981.14	21971.00
PROMEDIO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO	1,976.76 kg/m ³		

Fuente: Propia

Cálculo del Peso unitario en estado fresco del concreto poroso (10% caucho)

DATOS	CP10-1	CP10-2	CP10-3
Masa de concreto + masa de la olla Washington (Mc)	17.298 kg	17.282 kg	17.126 kg
Masa de la olla Washington (Mm)	3.455 kg	3.455 kg	3.455 kg
Volumen de la olla Washington (Vm)	0.007 m ³	0.007 m ³	0.007 m ³
RESULTADOS	CP10-1	CP10-2	CP10-3
Peso unitario del concreto (D).....(Mc-Mm)/Vm	1977.57	1975.29	1953.00
PROMEDIO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO	1,968.62 kg/m ³		

Fuente: Propia

Cálculo del Peso unitario en estado fresco del concreto poroso (15% caucho)

DATOS	CP15-1	CP15-2	CP15-3
Masa de concreto + masa de la olla Washington (Mc)	17.254 kg	17.121 kg	17.242 kg
Masa de la olla Washington (Mm)	3.455 kg	3.455 kg	3.455 kg
Volumen de la olla Washington (Vm)	0.007 m ³	0.007 m ³	0.007 m ³
RESULTADOS	CP15-1	CP15-2	CP15-3
Peso unitario del concreto (D).....(Mc-Mm)/Vm	1971.29	1952.29	1969.57
PROMEDIO DEL PESO UNITARIO DEL CONCRETO	1,964.38 kg/m ³		

Fuente: Propia

III. PORCENTAJE DE VACÍOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

Para la obtención de esta propiedad como es el porcentaje de vacíos se utilizó la metodología aplicada en el peso unitario del concreto poroso en estado fresco.

Proporciones de diseño de concreto fresco

Descripción	Dosificación x m ³	P.E.	Vol. Absoluto
Cemento	430.50 kg	3100	0.139
Agregado Grueso	1,384.04 kg	2610	0.530
Agua	167.58 lt	1000	0.168
Total	1,982.12 kg		0.837 m³

Fuente: Propia

Contenido de vacíos del concreto poroso (0% caucho)

DATOS	CP-1	CP-2	CP-3
Masa total de los materiales de la mezcla (Ms)	1,982.12 kg	1,982.12 kg	1,982.12 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente (Vs)	0.837 m ³	0.837 m ³	0.837 m ³
Densidad teórica del concreto (T).....Ms/Vs	2368.87	2368.87	2368.87
Peso unitario del concreto (D)	1993.86	2003.71	1971.14
RESULTADOS	CP-1	CP-2	CP-3
% de vacíos en estado fresco (U %)...(T-D)/T	15.83 %	15.41 %	16.79 %
PROMEDIO DE % DE VACÍOS	8.34 %		

Fuente: Propia

Contenido de vacíos del concreto poroso (5% caucho)

DATOS	CP5-1	CP5-2	CP5-3
Masa total de los materiales de la mezcla (Ms)	1,982.12 kg	1,982.12 kg	1,982.12 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente (Vs)	0.837 m ³	0.837 m ³	0.837 m ³
Densidad teórica del concreto (T).....Ms/Vs	2368.87	2368.87	2368.87
Peso unitario del concreto (D)	1978.14	1981.14	1971.00
RESULTADOS	CP5-1	CP5-2	CP5-3
% de vacíos en estado fresco (U %)...(T-D)/T	16.49 %	16.37 %	16.80 %
PROMEDIO DE % DE VACÍOS	16.55 %		

Fuente: Propia

Contenido de vacíos del concreto poroso (10% caucho)

DATOS	CP10-1	CP10-2	CP10-3
Masa total de los materiales de la mezcla (Ms)	1,982.12 kg	1,982.12 kg	1,982.12 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente (Vs)	0.837 m3	0.837 m3	0.837 m3
Densidad teórica del concreto (T).....Ms/Vs	2368.87	2368.87	2368.87
Peso unitario del concreto (D)	1977.57	1975.29	1953.00
RESULTADOS	CP10-1	CP10-2	CP10-3
% de vacíos en estado fresco (U %)...(T-D)/T	16.52 %	16.61 %	17.56 %
PROMEDIO DE % DE VACÍOS	16.90 %		

Fuente: Propia

Contenido de vacíos del concreto poroso (15% caucho)

DATOS	CP15-1	CP15-2	CP15-3
Masa total de los materiales de la mezcla (Ms)	1,982.12 kg	1,982.12 kg	1,982.12 kg
El volumen absoluto de cada ingrediente (Vs)	0.837 m3	0.837 m3	0.837 m3
Densidad teórica del concreto (T).....Ms/Vs	2368.87	2368.87	2368.87
Peso unitario del concreto (D)	1971.29	1952.29	1969.57
RESULTADOS	CP15-1	CP15-2	CP15-3
% de vacíos en estado fresco (U %)...(T-D)/T	16.78 %	17.59 %	16.86 %
PROMEDIO DE % DE VACÍOS	17.08 %		

Fuente: Propia

ANEXO 3. RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO REICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN - CAJAMARCA UBICACION : DISTRITO:JAEN, PROVINCIA, JAEN, REGION:CAJAMARCA SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA Y BACH:JOSE YENTO MASQUEZ QUISPE	JEFE DE CALIDAD : JENER KINDEL RAMOS DIAZ TECNICO QC : JHONATAN HERRERA BARAHONA ASISTENTE DE LAB : CIEZA ROMERO ARIODY		

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 01	17042.2460	175	15.00	96.44	96	55
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 02	18175.1328	175	15.05	102.17	102	58
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 03	18615.6432	175	15.03	104.92	105	60
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 04	20210.4540	175	14.95	115.13	115	66
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 05	19619.0280	175	14.90	112.52	113	64
1	17/10/19	24/10/19	7	CP - 06	20832.4710	175	15.05	117.11	117	67

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 7 DIAS ES 70 % P_c, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jener Kindel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 07	24365.7315	175	15.00	137.88	138	79
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 08	25145.8020	175	15.05	141.35	141	81
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 09	26249.1174	175	15.03	147.95	148	85
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 10	27760.3128	175	14.95	158.14	158	90
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 11	25250.8311	175	14.90	144.81	145	83
1	17/10/19	31/10/19	14	CP - 12	27373.8465	175	15.05	153.88	154	88

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 14 DIAS ES 80 % P_c, POR LO QUE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jener Kindel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CALICHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CALAJAMARCA UBICACION : DISTRITO:JAEN ,PROMONCIA, JAEN , REGION:CALAJAMARCA SOLICITANTE : BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA YBACH: JOSE MENTO VASQUEZ QUISEP	JEFE DE CALIDAD : JENEER KIMBEL RAMOS DIAZ TECNICO QC : JHONATAN HERRERA BARRAHONA ASISTENTE DE LAB : DIEZA ROMERO ARCOY		

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 13	32050	175	15.10	178.97	179	102
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 14	29800	175	14.90	170.90	171	98
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 15	31040	175	14.75	181.65	182	104
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 16	30460	175	15.00	172.37	172	98
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 17	29900	175	14.90	171.48	171	98
1	17/10/19	14/11/19	28	CP - 18	28700	175	15.05	161.33	161	92

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 28 DÍAS ES 100 % P_c, POR LO QUE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jeneer Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 01	15846.1380	175	15.00	89.67	90	51
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 02	17222.7330	175	15.05	96.81	97	55
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 03	18028.2960	175	15.05	101.34	101	58
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 04	18497.3580	175	15.03	104.26	104	60
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 05	16804.6560	175	15.03	94.72	95	54
1	21/10/19	28/10/19	7	C5 - 06	17634.6918	175	15.05	99.13	99	57

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 7 DÍAS ES 70 % P_c, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Jeneer Kimbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS		SECTOR :	LABORATORIO	
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD				
DATOS DEL PROYECTO			DATOS DEL PERSONAL		
TEMA :	INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTÍCULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN - CAJAMARCA			JEFE DE CALIDAD :	JENER KIMBEL RAMOS DIAZ
UBICACION :	DISTRITO:JAEN, PROVINCIA, JAEN, REGION:CAJAMARCA			TECNICO DC :	JHONATAN HERRERA BARAHONA
SOLICITANTE :	BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNA YBACH:JOSE MENTO VASQUEZ QUISE			ASISTENTE DE LAB :	CEZA ROMERO ARDIDY

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 07	23241.0020	175	14.90	133.29	133	76
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 08	24523.7850	175	14.90	140.64	141	80
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 09	24312.7070	175	14.90	139.43	139	80
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 10	25731.1098	175	14.90	147.57	148	84
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 11	23346.0315	175	15.00	132.11	132	75
1	21/10/19	04/11/19	14	C5 - 12	26349.0480	175	15.02	148.71	149	85

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 14 DÍAS ES 80 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS ALGUNAS DE ELLAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jener Kimbel Ramos Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 13	28550	175	14.90	163.74	164	94
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 14	28420	175	14.90	162.99	163	93
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 15	28540	175	14.90	163.68	164	94
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 16	27760	175	14.90	159.20	159	91
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 17	26990	175	14.90	154.79	155	88
1	21/10/19	18/11/19	28	C5 - 18	28980	175	15.00	163.99	164	94

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 28 DÍAS ES 100 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

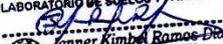
LABSUC
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Jener Kimbel Ramos Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 218809

	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACION : SOLICITANTE :	INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECIGLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -GAJAMARCA DISTRITO:JAEN, PROVINCIA, JAEN , REGION:GAJAMARCA BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNAYBACH:JOSE MENTO MASQUEZ QIASPE	JEFE DE CALIDAD : TECNICO QC : ASISTENTE DE LAB :	JENNER KINDEL RAMOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAHONA DIEZA ROMERO ARCOY

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 01	14740.7832	175	14.95	83.97	84	48
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 02	15514.7355	175	15.00	87.80	88	50
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 03	16315.2000	175	14.70	96.13	96	55
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 04	15142.5450	175	14.90	86.84	87	50
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 05	14168.7315	175	15.04	79.75	80	46
1	21/10/19	28/10/19	7	C10 - 06	15009.9840	175	14.95	85.51	86	49

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 7 DIAS ES 70 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenner Kinbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 07	22692.4036	175	14.90	130.14	130	74
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 08	24044.5260	175	14.80	139.77	140	80
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 09	24218.8947	175	14.90	138.90	139	79
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 10	23318.4996	175	14.50	141.21	141	81
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 11	23781.4434	175	15.02	134.22	134	77
1	21/10/19	04/11/19	14	C10 - 12	24520.7259	175	15.00	138.76	139	79

OBSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 14 DIAS ES 80 % Fc, POR LO QUE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.


 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenner Kinbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACIÓN : SOLICITANTE :	INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO REGICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA DISTRITO:JAEN ,PROVINCIA ,JAEN , REGION :CAJAMARCA BACH:JOSE RONAL ESTELA HORINA YBACH:JOSE VENTO MASQUEZ QUISPE	JEFE DE CALIDAD : TECNICO QC : ASISTENTE DE LAB :	JENEFER KINBEL RAMOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAHONA CIEZA ROMERO ARROYO

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
 METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 13	27450	175	15.00	155.33	155	89
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 14	26080	175	14.95	148.57	149	85
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 15	26780	175	14.85	154.62	155	88
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 16	27950	175	15.00	158.16	158	90
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 17	27540	175	15.10	153.79	154	88
1	21/10/19	18/11/19	28	C10 - 18	26970	175	14.90	154.67	155	88

BSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 28 DIAS ES 100 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

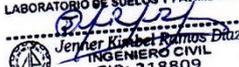
LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenifer Kinbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
 METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
 A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 01	9906.3855	175	14.95	56.43	56	32
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 02	12632.0436	175	14.80	73.43	73	42
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 03	13745.5560	175	15.03	77.47	77	44
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 04	13107.2238	175	14.80	76.19	76	44
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 05	14530.7250	175	14.05	93.72	94	54
1	22/10/19	29/10/19	7	C15 - 06	14058.6039	175	15.00	79.56	80	45

BSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 7 DIAS ES 70 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Jenifer Kinbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

 LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	SECTOR :	LABORATORIO
	FORMATOS DE CONTROL DE CALIDAD		
DATOS DEL PROYECTO		DATOS DEL PERSONAL	
TESIS : UBICACION : SOLICITANTE :	INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE LAS PARTICULAS DE CAUCHO RECICLADO EN CONCRETO POROSO EN LA CIUDAD DE JAEN -CAJAMARCA DISTRITO:JAEN ,PROVINCIA,JAEN , REGION :CAJAMARCA BACH:JOSE RONAL ESTELA HORNAY BACH: JOSE WENTO VASQUEZ QUISEP	JEFE DE CALIDAD : TECNICO QC : ASISTENTE DE LAB :	JENERE KINDEL RAMOS DIAZ JHONATAN HERRERA BARAJONA CIEZA ROMERO ARROY

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 07	24530.9229	175	14.90	140.69	141	80
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 08	22270.2480	175	14.90	127.72	128	73
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 09	23952.7530	175	14.90	137.37	137	78
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 10	22001.0472	175	14.90	126.18	126	72
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 11	23340.9330	175	14.80	135.68	136	78
1	22/10/19	05/11/19	14	C15 - 12	21260.7450	175	15.03	119.83	120	68

BSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 14 DÍAS ES 80 % Fc, POR LO QUE ALGUNAS DE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS


Jener Kumbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

STANDARD TEST METHOD FOR COMPRESSIVE STRENGTH OF CYLINDRICAL CONCRETE SPECIMENS
METODO DE ENSAYO PARA EL ESFUERZO A LA COMPRESION DE MUESTRAS CILINDRICAS DE CONCRETO
A.S.T.M. C 39 MTC E 704

PROBETA N°	Fecha Fabricación	Fecha Rotura	Edad (días)	IDENTIFICACION	Carga Rotura Kg.	f'c kg/cm ²	Diametro cm	Resistencia Máxima kg./cm ²	Resistencia Promedio kg./cm ²	Porcentaje f'c
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 13	25500	175	14.80	148.23	148	85
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 14	26820	175	15.00	151.77	152	87
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 15	23000	175	14.90	131.91	132	75
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 16	25850	175	15.10	144.35	144	82
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 17	26500	175	14.81	153.83	154	88
1	22/10/19	19/11/19	28	C15 - 18	27550	175	15.10	153.84	154	88

BSERVACIONES LAS MUESTRAS DE TESTIGOS DE CONCRETO, HAN SIDO ELABORADOS POR EL SOLICITANTE
 EL PORCENTAJE MÍNIMO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, A LOS 28 DÍAS ES 100 % Fc, POR LO QUE LAS MUESTRAS ENSAYADAS NO CUMPLEN CON EL REQUISITO.

LABSUC
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS


Jener Kumbel Ramos Diaz
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 218809

}

**ANEXO 4. RESULTADOS DE
PERMEABILIDAD DE TESTIGOS DE
CONCRETO POROSO**

PERMEABILIDAD DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO POROSO

Se realizó el ensayo de permeabilidad para 48 especímenes en los diferentes diseños de mezclas, a los 14 y 28 días de curado.

1.1 Permeabilidad de especímenes sin adición de caucho reciclado

Coefficiente de permeabilidad en testigos sin adición de caucho reciclado, medido a los 14 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	CP-19	125.34	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.07
2	CP-20	131.54	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.88
3	CP-21	124.58	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.10
4	CP-22	131.26	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.89
5	CP-23	121.90	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.19
6	CP-24	124.16	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.11

Fuente: Propia

Coefficiente de permeabilidad en testigos sin adición de caucho reciclado, medido a los 28 días

N° Testigo	código	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	CP-25	123.59	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.13
2	CP-26	134.05	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.81
3	CP-27	126.40	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.04
4	CP-28	128.12	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.98
5	CP-29	134.26	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.80
6	CP-30	137.19	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	3.72

Fuente: Propia

1.2 Permeabilidad de especímenes con 5% de adición de caucho reciclado

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 5% de caucho reciclado, medido a los 14 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm²)	A (cm²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C5-19	111.54	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.57
2	C5-20	106.74	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.78
3	C5-21	114.11	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.47
4	C5-22	109.33	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.67
5	C5-23	115.79	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.41
6	C5-24	113.96	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.48

Fuente: Propia

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 5% de caucho reciclado, medido a los 28 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm²)	A (cm²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C5-25	106.11	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.81
2	C5-26	108.53	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.70
3	C5-27	112.16	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.55
4	C5-28	111.02	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.60
5	C5-29	105.72	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.83
6	C5-30	105.04	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	4.86

Fuente: Propia

1.3 Permeabilidad de especímenes con 10% de adición de caucho reciclado

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 10% de caucho reciclado, medido a los 14 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C10-19	78.12	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.53
2	C10-20	89.65	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	5.69
3	C10-21	80.59	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.33
4	C10-22	94.96	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	5.37
5	C10-23	94.17	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	5.42
6	C10-24	80.0343	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.37

Fuente: Propia

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 10% de caucho reciclado, medido a los 28 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm ²)	A (cm ²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C10-25	81.09	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.29
2	C10-26	74.34	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.86
3	C10-27	71.39	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.15
4	C10-28	82.44	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.19
5	C10-29	76.56	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.66
6	C10-30	82.33	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	6.20

Fuente: Propia

1.4 Permeabilidad de especímenes con 15% de adición de caucho reciclado

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 15% de caucho reciclado, medido a los 14 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm²)	A (cm²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C15-19	52.27	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	9.76
2	C15-20	65.39	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.80
3	C15-21	64.18	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.95
4	C15-22	59.63	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	8.56
5	C15-23	58.15	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	8.77
6	C15-24	64.942	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.86

Fuente: Propia

Coeficiente de permeabilidad en testigos con adición de 15% de caucho reciclado, medido a los 28 días

N° Testigo	Código	t (s)	a (cm²)	A (cm²)	L (cm)	h1 (cm)	h2 (cm)	k (mm/s)
1	C15-25	58.85	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	8.67
2	C15-26	63.83	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.99
3	C15-27	62.43	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	8.17
4	C15-28	72.34	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.05
5	C15-29	59.48	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	8.58
6	C15-30	68.89	81.07	81.07	15.00	30.00	1.00	7.41

Fuente: Propia

ANEXO 5. ANALISIS ESTADISTICO DE RESULTADOS

a) Análisis Estadístico de resultados de la resistencia a la compresión

Análisis estadístico de las Resistencias obtenido a los 7 Días

Descriptivos								
7 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	6	108,0483	8,14069	3,32342	99,5052	116,5915	96,44	117,11
5	6	97,8667	5,06214	2,06661	92,5543	103,1791	89,67	104,26
10	6	86,4233	4,23400	1,72852	81,9800	90,8666	81,26	92,33
15	6	76,1333	11,98626	4,89337	63,5545	88,7121	56,43	93,72
Total	24	92,1179	14,31939	2,92293	86,0714	98,1645	56,43	117,11

ANOVA					
7 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3448,569	3	1149,523	18,139	,000
Dentro de grupos	1267,467	20	63,373		
Total	4716,036	23			

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: 7 DÍAS						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE ROPTURA	(J) EDAD DE ROPTURA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	10,18167	4,59613	,153	-2,6826	23,0460
	10	21,62500*	4,59613	,001	8,7607	34,4893
	15	31,91500*	4,59613	,000	19,0507	44,7793
5	0	-10,18167	4,59613	,153	-23,0460	2,6826
	10	11,44333	4,59613	,092	-1,4210	24,3076
	15	21,73333*	4,59613	,001	8,8690	34,5976
10	0	-21,62500*	4,59613	,001	-34,4893	-8,7607
	5	-11,44333	4,59613	,092	-24,3076	1,4210
	15	10,29000	4,59613	,147	-2,5743	23,1543
15	0	-31,91500*	4,59613	,000	-44,7793	-19,0507
	5	-21,73333*	4,59613	,001	-34,5976	-8,8690
	10	-10,29000	4,59613	,147	-23,1543	2,5743

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

7 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
EDAD DE ROPTURA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15	6	76,1333		
10	6	86,4233	86,4233	
5	6		97,8667	97,8667
0	6			108,0483
Sig.		,147	,092	,153

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Análisis estadístico de las Resistencias obtenido a los 14 Días

ANOVA					
14 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	807,874	3	269,291	5,768	,005
Dentro de grupos	933,733	20	46,687		
Total	1741,607	23			

→ Unidireccional

Descriptivos								
14 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	6	147,3350	7,63618	3,11746	139,3213	155,3487	137,88	158,14
5	6	140,2933	6,93796	2,83241	133,0124	147,5743	132,11	148,71
10	6	137,1667	4,16476	1,70025	132,7960	141,5373	130,14	141,21
15	6	131,2450	7,93442	3,23921	122,9183	139,5717	119,83	140,69
Total	24	139,0100	8,70184	1,77626	135,3355	142,6845	119,83	158,14

Pruebas post hoc

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: 14 DÍAS						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE ROPTURA	(J) EDAD DE ROPTURA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	7,04167	3,94490	,309	-3,9999	18,0832
	10	10,16833	3,94490	,078	-,8732	21,2099
	15	16,09000*	3,94490	,003	5,0485	27,1315
5	0	-7,04167	3,94490	,309	-18,0832	3,9999
	10	3,12667	3,94490	,857	-7,9149	14,1682
	15	9,04833	3,94490	,133	-1,9932	20,0899
10	0	-10,16833	3,94490	,078	-21,2099	,8732
	5	-3,12667	3,94490	,857	-14,1682	7,9149
	15	5,92167	3,94490	,455	-5,1199	16,9632
15	0	-16,09000*	3,94490	,003	-27,1315	-5,0485
	5	-9,04833	3,94490	,133	-20,0899	1,9932
	10	-5,92167	3,94490	,455	-16,9632	5,1199

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

14 DÍAS			
HSD Tukey ^a			
EDAD DE ROPTURA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
15	6	131,2450	
10	6	137,1667	137,1667
5	6	140,2933	140,2933
0	6		147,3350
Sig.		,133	,078

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Análisis estadístico de las Resistencias obtenido a los 28 Días

Descriptivos								
28 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	6	172,7850	7,12272	2,90784	165,3102	180,2598	161,33	181,66
5	6	160,6817	3,17234	1,29510	157,3525	164,0108	156,89	165,96
10	6	154,1917	3,13825	1,28119	150,8983	157,4851	148,57	158,16
15	6	147,1833	8,26535	3,37432	138,5094	155,8573	131,91	153,84
Total	24	158,7104	11,08552	2,26282	154,0294	163,3914	131,91	181,66

ANOVA					
28 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2131,635	3	710,545	20,453	,000
Dentro de grupos	694,807	20	34,740		
Total	2826,442	23			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: 28 DÍAS						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE ROPTURA	(J) EDAD DE ROPTURA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	12,10333*	3,40296	,010	2,5787	21,6280
	10	18,59333*	3,40296	,000	9,0687	28,1180
	15	25,60167*	3,40296	,000	16,0770	35,1263
5	0	-12,10333*	3,40296	,010	-21,6280	-2,5787
	10	6,49000	3,40296	,257	-3,0347	16,0147
	15	13,49833*	3,40296	,004	3,9737	23,0230
10	0	-18,59333*	3,40296	,000	-28,1180	-9,0687
	5	-6,49000	3,40296	,257	-16,0147	3,0347
	15	7,00833	3,40296	,200	-2,5163	16,5330
15	0	-25,60167*	3,40296	,000	-35,1263	-16,0770
	5	-13,49833*	3,40296	,004	-23,0230	-3,9737
	10	-7,00833	3,40296	,200	-16,5330	2,5163

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Subconjuntos homogéneos

28 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
EDAD DE ROPTURA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
15	6	147,1833		
10	6	154,1917	154,1917	
5	6		160,6817	
0	6			172,7850
Sig.		,200	,257	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Análisis estadístico de la Interacción entre dosificaciones

Prueba de esfericidad de Mauchly ^a							
Medida: MEASURE_1							
Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
EDAD	,945	1,075	2	,584	,948	1,000	,500

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + DOSIFICACIÓN
Diseño intra-sujetos: EDAD

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Pruebas de efectos intra-sujetos						
Medida: MEASURE_1						
Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EDAD	Esfericidad asumida	56172,280	2	28086,140	562,236	,000
	Greenhouse-Geisser	56172,280	1,896	29630,773	562,236	,000
	Huynh-Feldt	56172,280	2,000	28086,140	562,236	,000
	Límite inferior	56172,280	1,000	56172,280	562,236	,000
EDAD * DOSIFICACIÓN	Esfericidad asumida	507,967	6	84,661	1,695	,147
	Greenhouse-Geisser	507,967	5,687	89,317	1,695	,152
	Huynh-Feldt	507,967	6,000	84,661	1,695	,147
	Límite inferior	507,967	3,000	169,322	1,695	,200
Error(EDAD)	Esfericidad asumida	1998,174	40	49,954		
	Greenhouse-Geisser	1998,174	37,915	52,702		
	Huynh-Feldt	1998,174	40,000	49,954		
	Límite inferior	1998,174	20,000	99,909		

Pruebas de contrastes intra-sujetos

Medida: MEASURE_1

Origen	EDAD	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EDAD	Lineal	53214,733	1	53214,733	926,371	,000
	Cuadrático	2957,547	1	2957,547	69,648	,000
EDAD * DOSIFICACIÓN	Lineal	116,897	3	38,966	,678	,576
	Cuadrático	391,071	3	130,357	3,070	,051
Error(EDAD)	Lineal	1148,887	20	57,444		
	Cuadrático	849,287	20	42,464		

Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	1215791,409	1	1215791,409	27082,775	,000
DOSIFICACIÓN	5880,111	3	1960,037	43,661	,000
Error	897,834	20	44,892		

Pruebas post hoc

EDAD DE ROPTURA

Comparaciones múltiples						
Medida: MEASURE_1						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE ROPTURA	(J) EDAD DE ROPTURA	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	9,7756*	2,23338	,002	3,5245	16,0266
	10	16,7956*	2,23338	,000	10,5445	23,0466
	15	24,5356*	2,23338	,000	18,2845	30,7866
5	0	-9,7756*	2,23338	,002	-16,0266	-3,5245
	10	7,0200*	2,23338	,024	,7689	13,2711
	15	14,7600*	2,23338	,000	8,5089	21,0111
10	0	-16,7956*	2,23338	,000	-23,0466	-10,5445
	5	-7,0200*	2,23338	,024	-13,2711	-,7689
	15	7,7400*	2,23338	,012	1,4889	13,9911
15	0	-24,5356*	2,23338	,000	-30,7866	-18,2845
	5	-14,7600*	2,23338	,000	-21,0111	-8,5089
	10	-7,7400*	2,23338	,012	-13,9911	-1,4889

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 14,964.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Subconjuntos homogéneos

MEASURE_1					
HSD Tukey ^{a,b}					
EDAD DE ROPTURA	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
15	6	118,1872			
10	6		125,9272		
5	6			132,9472	
0	6				142,7228
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = 14,964.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.
b. Alfa = .05.

b) Análisis Estadístico de resultados de la Permeabilidad

Análisis estadístico de las Resistencias obtenido a los 14 Días

Descriptivos								
14 DÍAS								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	6	4,0400	,12649	,05164	3,9073	4,1727	3,88	4,19
5	6	4,5633	,13967	,05702	4,4168	4,7099	4,41	4,78
10	6	5,9517	,51809	,21151	5,4080	6,4954	5,37	6,53
15	6	8,4500	,75514	,30829	7,6575	9,2425	7,80	9,76
Total	24	5,7513	1,79793	,36700	4,9921	6,5104	3,88	9,76

ANOVA					
14 DÍAS					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	69,978	3	23,326	106,735	,000
Dentro de grupos	4,371	20	,219		
Total	74,348	23			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: 14 DÍAS						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE PERMEABILIDAD	(J) EDAD DE PERMEABILIDAD	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	-,52333	,26990	,244	-1,2788	,2321
	10	-1,91167*	,26990	,000	-2,6671	-1,1562
	15	-4,41000*	,26990	,000	-5,1654	-3,6546
5	0	,52333	,26990	,244	-,2321	1,2788
	10	-1,38833*	,26990	,000	-2,1438	-,6329
	15	-3,88667*	,26990	,000	-4,6421	-3,1312
10	0	1,91167*	,26990	,000	1,1562	2,6671
	5	1,38833*	,26990	,000	,6329	2,1438
	15	-2,49833*	,26990	,000	-3,2538	-1,7429
15	0	4,41000*	,26990	,000	3,6546	5,1654
	5	3,88667*	,26990	,000	3,1312	4,6421
	10	2,49833*	,26990	,000	1,7429	3,2538

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

14 DÍAS				
HSD Tukey ^a				
EDAD DE PERMEABILIDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
0	6	4,0400		
5	6	4,5633		
10	6		5,9517	
15	6			8,4500
Sig.		,244	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Análisis estadístico de las Resistencias obtenido a los 28 Días

28 DÍAS								
Descriptivos								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
0	6	3,9133	,16021	,06540	3,7452	4,0815	3,72	4,13
5	6	4,7250	,12911	,05271	4,5895	4,8605	4,55	4,86
10	6	6,5583	,39686	,16202	6,1419	6,9748	6,19	7,15
15	6	7,9783	,64220	,26218	7,3044	8,6523	7,05	8,67
Total	24	5,7938	1,65861	,33856	5,0934	6,4941	3,72	8,67

28 DÍAS					
ANOVA					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	60,211	3	20,070	131,125	,000
Dentro de grupos	3,061	20	,153		
Total	63,272	23			

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: 28 DÍAS
HSD Tukey

(I) EDAD DE PERMEABILIDAD	(J) EDAD DE PERMEABILIDAD	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	-,81167*	,22588	,009	-1,4439	-,1794
	10	-2,64500*	,22588	,000	-3,2772	-2,0128
	15	-4,06500*	,22588	,000	-4,6972	-3,4328
5	0	,81167*	,22588	,009	,1794	1,4439
	10	-1,83333*	,22588	,000	-2,4656	-1,2011
	15	-3,25333*	,22588	,000	-3,8856	-2,6211
10	0	2,64500*	,22588	,000	2,0128	3,2772
	5	1,83333*	,22588	,000	1,2011	2,4656
	15	-1,42000*	,22588	,000	-2,0522	-,7878
15	0	4,06500*	,22588	,000	3,4328	4,6972
	5	3,25333*	,22588	,000	2,6211	3,8856
	10	1,42000*	,22588	,000	,7878	2,0522

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

28 DÍAS

HSD Tukey^a

EDAD DE PERMEABILIDAD	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
0	6	3,9133			
5	6		4,7250		
10	6			6,5583	
15	6				7,9783
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.

Análisis estadístico de la Interacción entre dosificaciones

Prueba de esfericidad de Mauchly^a

Medida: MEASURE_1

Efecto intra-sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
EDAD	1,000	,000	0	.	1,000	1,000	1,000

Prueba la hipótesis nula de que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño : Intersección + DOSIFICACIÓN
Diseño intra-sujetos: EDAD

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos intra-sujetos.

Pruebas de efectos intra-sujetos

Medida: MEASURE_1

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EDAD	Esfericidad asumida	,022	1	,022	,172	,683
	Greenhouse-Geisser	,022	1,000	,022	,172	,683
	Huynh-Feldt	,022	1,000	,022	,172	,683
	Límite inferior	,022	1,000	,022	,172	,683
EDAD * DOSIFICACIÓN	Esfericidad asumida	1,876	3	,625	4,951	,010
	Greenhouse-Geisser	1,876	3,000	,625	4,951	,010
	Huynh-Feldt	1,876	3,000	,625	4,951	,010
	Límite inferior	1,876	3,000	,625	4,951	,010
Error(EDAD)	Esfericidad asumida	2,527	20	,126		
	Greenhouse-Geisser	2,527	20,000	,126		
	Huynh-Feldt	2,527	20,000	,126		
	Límite inferior	2,527	20,000	,126		

Pruebas de contrastes intra-sujetos

Medida: MEASURE_1

Origen	EDAD	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
EDAD	Lineal	,022	1	,022	,172	,683
EDAD * DOSIFICACIÓN	Lineal	1,876	3	,625	4,951	,010
Error(EDAD)	Lineal	2,527	20	,126		

Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: MEASURE_1

Variable transformada: Promedio

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Intersección	1599,444	1	1599,444	6521,224	,000
DOSIFICACIÓN	128,312	3	42,771	174,384	,000
Error	4,905	20	,245		

Pruebas post hoc

EDAD DE PERMEABILIDAD

Comparaciones múltiples						
Medida: MEASURE_1						
HSD Tukey						
(I) EDAD DE PERMEABILIDAD	(J) EDAD DE PERMEABILIDAD	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0	5	-,6675*	,20218	,017	-1,2334	-,1016
	10	-2,2783*	,20218	,000	-2,8442	-1,7124
	15	-4,2375*	,20218	,000	-4,8034	-3,6716
5	0	,6675*	,20218	,017	,1016	1,2334
	10	-1,6108*	,20218	,000	-2,1767	-1,0449
	15	-3,5700*	,20218	,000	-4,1359	-3,0041
10	0	2,2783*	,20218	,000	1,7124	2,8442
	5	1,6108*	,20218	,000	1,0449	2,1767
	15	-1,9592*	,20218	,000	-2,5251	-1,3933
15	0	4,2375*	,20218	,000	3,6716	4,8034
	5	3,5700*	,20218	,000	3,0041	4,1359
	10	1,9592*	,20218	,000	1,3933	2,5251

Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,123.
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

Subconjuntos homogéneos

MEASURE_1					
HSD Tukey ^{a,b}					
EDAD DE PERMEABILIDAD	N	Subconjunto			
		1	2	3	4
0	6	3,9767			
5	6		4,6442		
10	6			6,2550	
15	6				8,2142
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
Se basa en las medias observadas.
El término de error es la media cuadrática(Error) = ,123.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 6,000.
b. Alfa = .05.

ANEXO 6. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS- MATERIALES- CONCRETOS- ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	1211-2019	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).
2. Solicitante	GROUP JHAC S.A.C LABSUC LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	
3. Dirección	Ca. LA COLONIA N° 316 (MONTEGRANDE - A1 CDRA MCDO SOL DIVINO) CAJAMARCA - JAEN	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	Los resultados son validos 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. PERUTEST 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.
Capacidad	120000 kgf	
Marca	PERUTEST	
Modelo	PTC 002	
Número de Serie	'00015	
Procedencia	PERU	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIWEIGH	
Modelo	315	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	10 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2019-11-12	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-11-13

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES





PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTO - ROCAS - FISICA - QUIMICA
RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

En las instalaciones del cliente.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	28 °C	28 °C
Humedad Relativa	66%	66%

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PF-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-272-18

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.





PERUTEST S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
 SUELOS- MATERIALES- CONCRETOS- ASFALTO- ROCAS- FISICA- QUIMICA
 RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 181 - 2019

Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso)			
		Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	10000	10094.7	10084.7	10084.7	10089.7
20	20000	20006.3	20026.1	20026.1	20016.2
30	30000	29904.4	29904.4	29904.4	29904.4
40	40000	39823.7	39838.6	39823.7	39827.4
50	50000	49819.2	49849.2	49819.2	49826.7
60	60000	59816.2	59826.2	59816.2	59818.7
70	70000	69859.7	70000.0	69859.7	69894.8
80	80000	79939.8	80020.1	80020.1	79979.9
90	90000	90006.3	90016.3	90016.3	90011.3
100	100000	100179.9	100159.8	100159.8	100169.8
Retorno a Cero		0.0	0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
10000	-0.89	0.10	-0.10	0.10	0.58
20000	-0.08	0.10	0.10	0.05	0.58
30000	0.32	0.00	0.00	0.03	0.57
40000	0.43	0.04	0.04	0.03	0.58
50000	0.35	0.06	0.06	0.02	0.58
60000	0.30	0.02	0.02	0.02	0.57
70000	0.15	0.20	0.20	0.01	0.58
80000	0.03	0.10	0.10	0.01	0.58
90000	-0.01	0.01	0.01	0.01	0.57
100000	-0.17	0.02	-0.02	0.01	0.57

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0.00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

