



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Canales Quilca, Adbel (ORCID: 0000-0003-3801-112X)

Mamani Roque, Milton Raúl (ORCID: 0000-0002-5397-9668)

ASESOR:

Mg. Segura Terrones, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-9320-0540)

LÍNEA EN INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

esta investigación está dedicado a mis amigos que estuvieron conmigo apoyándome, a mis profesores por las enseñanzas y consejos brindados como aliento para poder completar cada meta trazada, a mis padres, hermanos y asesor de elaboración de dicha investigación.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por brindarme todo el respaldo necesario para poder lograr mis metas trazadas, hermanos por haberme brindado el aliento y motivación de poder continuar, amistades por sus palabras de aliento y consejos de superación brindado y profesores por las enseñanzas brindadas.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas:	v
Índice de figuras:	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO TEÓRICO.....	17
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización.	25
3.3. Población (criterio de selección) muestra y muestreo.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5. procedimientos.....	29
3.6. Método de análisis de datos	36
3.7. Aspectos éticos	36
IV. RESULTADOS.....	37
V. DISCUSIÓN.....	64
VI. CONCLUSIONES	67
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS.....	72

Índice de tablas

Tabla 1.	Tolerancia dimensional según la INACAL “NTP 399.611” (2017).	24
Tabla 2.	Tolerancia de Absorción según el INACAL “NTP 399.611” (2017).	25
Tabla 3.	características de los agregados	42
Tabla 4.	Volumen de Agregados más cemento sin arena:	44
Tabla 5.	Corrección por humedad del agregado grueso:	44
Tabla 6.	Corrección de absorción de agua efectiva	44
Tabla 7.	Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto guía.	45
Tabla 8.	sustitución del caucho al 10% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.	45
Tabla 9.	sustitución del caucho al 10% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso seco.	46
Tabla 10.	Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 10% de sustitución de caucho granulado.	46
Tabla 11.	sustitución del caucho al 15% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.	47
Tabla 12.	sustitución del caucho al 15% del volumen del agregado grueso y agregado fino en peso seco.	47
Tabla 13.	Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 15% de sustitución de caucho granulado.	47
Tabla 14.	sustitución del caucho al 20% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.	48
Tabla 15.	sustitución del caucho al 20% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso seco.	48
Tabla 16.	Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 20% de sustitución de caucho granulado.	48
Tabla 17.	Ensayo de resistencia a compresión simple a los 3 días.	49
Tabla 18.	Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 3 días de edad.	52
Tabla 19.	Ensayo de resistencia a compresión simple a los 7 días de edad.	52
Tabla 20.	Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 7 días de edad.	55
Tabla 21.	Ensayo de la resistencia a compresión simple a los 14 días de edad.	56

Tabla 22. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 14 días de edad.	59
Tabla 23. Ensayo de la resistencia a compresión simple a los 28 días de edad..	59
Tabla 24. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 28 días de edad.	63
Tabla 25. Resistencia la compresión con diferentes porcentajes de caucho y distintas edades del concreto.	64
Tabla 26. Resistencia la compresión con diferentes porcentajes de caucho y distintas edades del concreto.	65
Tabla 27. Resistencia del concreto en diferentes porcentajes de adición de caucho de 10% y 15%.	65
Tabla 28. Resistencia alcanzada al adicionar el caucho al adoquín de concreto.	66
Tabla 29. Requerimiento de granulometría del agregado fino.....	72
Tabla 30. Requerimiento de granulometría para el agregado grueso	16
Tabla 31. Determinación de cantidad de agua.....	16
Tabla 32. Contenido de Aire Atrapado.	16
Tabla 33. Relación a/c por resistencia.	16
Tabla 34. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	17
Tabla 35. La Resistencia promedia requerida s/ desviación standard:	17
Tabla 36. Elección de asentamiento.	17
Tabla 37. Conformación química de neumáticos (caucho) usados. OFEFP, (2003).....	18
Tabla 38. Tecnologías del reciclado de neumáticos, Asociación Europea de Reciclaje de Neumáticos”, (2006).....	18
Tabla 39. Tipo de adoquines y el uso que se logra.	19
Tabla 40. Tipo de adoquín y su resistencia a la compresión según la NTP 399.611.....	19

Índice de figuras

Figura 1. Aditivos de la calcina: cemento, H ₂ O, compuesto fino, agregado grueso.....	25
Figura 2. El cemento portland, es un material muy fino que al mezclarse con el agua se transforma como en un pegamento que une las partículas que forma el concreto.....	26
Figura 3. El agua que se utiliza para el uso humano es también buena para la formación del concreto.	27
Figura 4. Influencia de la temperatura a las dos horas después del colado sobre el comportamiento de la resistencia del concreto (todas las muestras selladas y después de 2 horas curados a 21 °C)	18
Figura 5. Curva esfuerzo versus deformación unitaria a la compresión simple, típicas para concreto de densidad normal con 2300kg/cm ³ . (Nilson, 1999).	19
Figura 6. Curva esfuerzo deformación unitaria a la compresión de concretos livianos 1600kg/m ³ . (Nilson,1999).....	20
Figura 7. Reducción del módulo de elasticidad, Ganjian et al., (2009).....	22
Figura 8. Manera de ensayos de la resistencia a compresión.....	23
Figura 9. Dimensionamiento de adoquines.	24
Figura 10. Ensayo del de granulometría de los agregados	29
Figura 11. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.....	30
Figura 12. Ensayo de peso de unitario compactado del agregado fino.....	30
Figura 13. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino	31
Figura 14. Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.....	31
Figura 15. Ensayo de peso específico del agregado fino.	32
Figura 16. Ensayo Absorción del agregado fino.	32
Figura 17. Ensayo Absorción y peso específico del agregado grueso	33
Figura 18. Ensayo de humedad del agregado fino y Agregado grueso.....	33
Figura 19. Ensayo peso unitario del caucho granulado.....	34
Figura 20. Preparación de la mezcla del concreto con adición de caucho.	34
Figura 21. Elaboración de adoquines de concreto con adición de caucho.....	35
Figura 22. Ensayo de resistencia a compresión se determinó de a la ASTM C 39.....	36
Figura 23. Curva granulométrica del agregado grueso.	37
Figura 24. Curva granulométrica del agregado fino.....	39

Figura 25. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 3 días de edad.	49
Figura 26. Comportamiento de resistencia a compresión a los 3 días de edad. ...	50
Figura 27. Ecuaciones presentadas por la norma NTC y ACI 318	51
Figura 28. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 7 días de edad.	53
Figura 29. Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días de edad.	54
Figura 30. Desarrollo del comportamiento del comportamiento de la resistencia a compresión simple del concreto a los 14 días de edad.	56
Figura 31. Comportamiento de la resistencia a la compresión a los 7 días de edad donde se compara los diferentes porcentajes de adición de caucho reciclado en 10%, 15% y 20%.	57
Figura 32. Desarrollo del comportamiento del comportamiento de resistencia a compresión simple del concreto a los 28 días de edad.	60
Figura 33. Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días de edad donde se compara los diferentes porcentajes de adición de caucho reciclado en 10%, 15% y 20%.	61

Resumen

En el Perú, no se tiene una norma que regule el uso adecuado de neumáticos usados, por lo cual, en la tesis se plantea el uso de este material como parte del adoquín para uso peatonal o como pavimento de vehículos ligeros.

En la investigación de la presente tesis, se plantea agregar porcentaje de 10%, 15% y 20% de caucho reciclado a los adoquines de concreto y evaluar los resultados obtenidos a los 3 días, a los 7 días, a los 14 días y 28 días, para entender cómo afecta mecánicamente cuando se incrementa el contenido de caucho reciclado a la resistencia a la compresión simple del adoquín.

Primeramente, se determina en laboratorio el análisis granulométrico del caucho, material de agregado, grado de absorción de los materiales, ensayo de contenido de humedad de los materiales, ensayo de peso unitario del caucho granulado, se determina las características físicas del caucho granulado que es mezclado de acuerdo al diseño de mezcla, que seguidamente se deja curar el concreto a los 3 días, a los 7 días, a los 14 días y 28 días realizando el ensayo de resistencia a la compresión del adoquín. En donde el comportamiento del adoquín se observa que conforme se incrementa la cantidad en volumen de caucho, la resistencia a la compresión disminuye de acuerdo al adoquín patrón, el comportamiento de la resistencia de la mezcla, es lineal. Hasta los 28 días.

Se determina la resistencia del adoquín para porcentaje de 10%, 128.9 kg/cm², 183.5 kg/cm², 253.3 kg/cm² y 269.05 kg/cm² en 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, respectivamente, para 15%, 116.5 kg/cm², 142.3 kg/cm², 227.1 kg/cm² y 240.21 kg/cm², en 3 días, 7 días, 14 días y 29 días, respectivamente. Finalmente, para 20%, 71.5 kg/cm², 96.0 kg/cm², 173.3 kg/cm² y 188.55, en 3 días, 7 días, 14 días y 28 días, respectivamente.

Palabras Claves: Caucho, Resistencia a la Compresión, Granulometría, Diseño de Mezcla de Concreto.

Abstract

In Peru, there is no norm that regulates the adequate use of used tyres, therefore, the thesis proposes the use of this material as part of the paving for pedestrian use or as paving for light vehicles.

In this thesis research, it is proposed to add 10%, 15% and 20% recycled rubber to concrete pavers and to evaluate the results obtained at 3 days, 7 days, 14 days and 28 days, in order to understand how it affects mechanically when the recycled rubber content is increased to the simple compressive strength of the pavers.

Firstly, the granulometric analysis of the rubber, aggregate material, degree of absorption of the materials, moisture content test of the materials, unit weight test of the granulated rubber, the physical characteristics of the granulated rubber that is mixed according to the mix design are determined in the laboratory, and then the concrete is left to cure after 3 days, 7 days, 14 days and 28 days, carrying out the compressive strength test of the paving stone. The behaviour of the paving block shows that as the volume of rubber increases, the compressive strength decreases according to the standard paving block, the behaviour of the mix strength is linear. Up to 28 days.

The paving block strength is determined for 10%, 128.9 kg/cm², 183.5 kg/cm², 253.3 kg/cm² and 269.05 kg/cm² in 3 days, 7 days, 14 days and 28 days, respectively, for 15%, 116.5 kg/cm², 142.3 kg/cm², 227.1 kg/cm² and 240.21 kg/cm², in 3 days, 7 days, 14 days and 29 days, respectively. Finally, for 20%, 71.5 kg/cm², 96.0 kg/cm², 173.3 kg/cm² and 188.55, in 3 days, 7 days, 14 days and 28 days, respectively.

Keywords: Rubber, Compressive Strength, Granulometry, Concrete Mix Design.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de los siglos, las ruedas estaban hechas por piedra o madera, posteriormente se le agrega una capa de cuero para su respectiva amortiguación. En 1900 se inventó los automóviles, llegando así el arribo de los neumáticos. En consecuencia, hoy en día, la manufactura de neumáticos actuales consume alrededor de 32 litros de petróleo y para alta carga utilizándose 100 litros.

En Europa se manufacturo más de tres millones de toneladas de neumáticos usados durante 2011, recordando así que el caucho toma más de 100 años en deshacerse, lo cual nos da luces sobre la problemática de este componente de fabricación.

En el Perú, no se cuenta con un ámbito político normativo hoy en día, que regule la utilización pertinente de los neumáticos usados, por lo tanto, es adecuado la óptica dirigida a esta problemática para los técnicos en ingeniería vial, de esta manera se aprovecharía este componente en las vías de transporte, llevando a la reducción del deterioro ambiental causada por la no sostenibilidad de este material.

Por el campo de desarrollo sostenible en ingeniería civil, encontramos necesario el reciclaje del saldo los neumáticos usados, por lo cual, en esta investigación brindamos la propuesta de usar los neumáticos en desuso para elaborar una mezcla con concreto, siguiendo así, la valoración de las cualidades mecánicas de este material, efectuando ensayos de resistencia del adoquín, de compresión y flexión para la utilización de pavimentos semirrígidos de uso de vehículos ligeros, tomando una implicación que este prototipo de adoquines de concreto y caucho estén adecuados para resistir grandes esfuerzos de compresión.

En la actualidad se toma en cuenta una alta conciencia ambiental que pertenece a la sostenibilidad de la casa de todos y su búsqueda continua, por lo cual, es indispensable la oportunidad de tecnologías y metodologías que brinden reducir el deterioro de esta casa medio ambiente.

El **problema general**, ¿De qué manera se puede utilizar el caucho y de qué manera se comporta mecánicamente los adoquines de concreto al agregarle material de caucho reciclado?

Los **problemas específicos**, ¿Cómo se comporta la resistencia a compresión simple de adoquines confeccionadas mediante la mezcla del concreto y los neumáticos?, ¿Cuáles son los resultados mecánicos de la resistencia a compresión simple y a la flexión al agregarle en la mezcla el caucho triturado?

La **justificación teórica**: La actual investigación aborda el uso de neumáticos reciclados en la manufactura de adoquines aplicados en pavimentos semirrígido de tipo II de tránsito vehicular ligero estos neumáticos sustituirán al volumen del agregado en un 10%, 15% y 20%, por lo tanto, esta indagación abordará el diseño de mezcla que demanda la proporción con la sustitución de los neumáticos reciclados granulados reemplazando al agregado en volumen, este adoquín tendrá utilización en los pavimentos semirrígidos tipo II cumpliendo las especificaciones técnicas para construcción EG-2013 y la NTP 399.611.

La **justificación práctica**: Esta investigación expone la solución de abordar la opción de la utilización de caucho reciclado en la confección de adoquines de concreto donde serán aplicados en los pavimentos semirrígidos, precisando la resistencia a compresión y también las conveniencias de los materiales del concreto sumado para la manufacturación del adoquín.

La **justificación metodológica**: Dicha investigación se determinó a través de ensayos cuasi experimentales donde propone la determinación del componente a utilizar en el concreto como el tipo de cemento, agregado grueso, agregado fino y neumático granulado, donde se precisa las cualidades mecánicas, mediante los ensayos de resistencia a compresión del concreto, los agregados, como son la granulometría (gradación) del agregado grueso y agregado fino, el peso unitario suelto y el peso unitario compactado del agregado grueso y agregado fino, el módulo fineza del agregado fino, TMN del agregado grueso, tanto por ciento de atracción de los materiales y otro tanto porcentual de humedad agregado grueso y del agregado fino, por último resolviendo resistencia a compresión simple.

La **hipótesis general**: La utilización de neumáticos reciclados en un 10%, 15% y 20% en reemplazo del agregado en un en la producción de adoquines de concreto mantenga la $f'c=340 \text{ kg/cm}^2$.

La **hipótesis específica**: La sustitución de neumáticos granulados al 10%, 15% y 20% en sustitución al agregado para el concreto para la confección de adoquines a mayor porcentaje de sustitución aumenta la resistencia a la flexión.

La sustitución de neumáticos granulados al 10%, 15% y 20% en sustitución al agregado para la pasta de concreto y la elaboración de adoquines cumplan con la resistencia proyectada.

El **objetivo general**, es determinar parámetros mecánicos de adoquines de mezcla con concreto y caucho neumático reciclado para pavimentos semirrígidos de nivel II de tránsito vehicular ligero.

Como **objetivos específicos son**: Determinar las proporciones de dosificación para el diseño de mezcla convencional y dosificación en un 10%, 15% y 20% de material neumático reciclado granulado en sustitución al volumen del agregado para la elaboración de adoquín empleados en pavimento semirrígido con un $f'c=340$ kg/cm².

Determinar y evaluar la resistencia a compresión en concreto sin modificar y concreto no convencional adicionados con neumáticos reciclados a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.

II. MARCO TEÓRICO

En esta actual investigación, proponemos como teoría consultada a las presentes investigaciones por los autores. Bazán & Rubio (2020); desarrollo la investigación teniendo como objetivo la realización del análisis de granulometría de partículas, contenido de humedad agregado fino y grueso, la resistencia del adoquín guía, definió los parámetros mecánicos como la resistencia a la compresión del adoquín no convencional sustituyendo caucho reciclado de manera granulada. Concluyendo que consiguió las resistencias a la compresión donde el adoquín convencional a los 3 días de curado se determina un valor de $f'c=155.87$ kg/cm², a los 7 días después de muestreado, un $f'c$ media de 238.41 kg/cm² y a los 28 días de muestreado, un $f'c$ de 349.35 kg/cm², de igual forma obtuvo la resistencia a compresión de las muestras con sustitución del agregado fino por el caucho al 3% donde se tiene resultados a

los 3 días de curado $f'c$ promedio de 112.45 kg/cm², a los 7 días, de muestreo una $f'c$ media de 191.61 kg/cm² y a los 28 días del acecinado de concreto, se tiene $f'c = 318.82$ kg/cm²; al 5% de adición de caucho, se obtiene resultados a los 3 días de muestreo un $f'c$ media de 94.44 kg/cm², a los 7 días de muestreo de concreto $f'c$ media de 163.88 kg/cm² y a los 28 días del curado de concreto, se tiene un $f'c = 279.20$ kg/cm²; al 7% donde se obtiene resultados a los 3 días de muestreo un $f'c$ promedio de 82.98 kg/cm², a los 7 días una de muestreo un $f'c$ promedio de 138.22 kg/cm² y a los casi 28 días del acecinado se obtuvo un $f'c = 228.01$ kg/cm² determinando así que es desfavorable el uso del caucho reciclado en estos porcentajes. Se sugiere desarrollar investigaciones de la resistencia a la tracción y abrasión, conseguir un alentador nivel de indagación determinando su total comportamiento.

Chávarri & Falen (2020); desarrollo una investigación que se plantea como objetivo las características mecánicas del caucho reciclado para precisar las relaciones en la proporción y la caracterización granulométrica para los agregados. Realizando el diseño de mezcla preliminares para conseguir la dosis de aditivos, compatibilidad cemento, aditivo, caucho y proporciones de agregados. Consiguiendo el diseño de mezcla de concreto para estimar las propiedades de reología, trabajabilidad y resistencias mecánicas. Lograr el análisis de costo y beneficio para la elección de los 2 mejores del diseño de mezcla. Las respuesta dadas concluye que la propuesta ecológica con la inclusión de caucho en tamaño 25 mm con 20% de sustitución de caucho cumple las prestaciones de trabajabilidad, durante 2 horas de tiempo de fragua y las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y módulo de rotura acorde a las indicados en las normas de construcción de concreto para pavimentos, la muestra del tipo CA-25 (caucho de tamaño de 25mm.) por cada sustitución porcentual del 10% del agregado fino hay una disminución en promedio de 13% del $f'c$. para el caso de la muestra CA-20 (caucho de tamaño de 20mm.) hay una disminución promedio de del 16% del $f'c$. como también han demostrado desarrollar mejor sus propiedades mecánicas ($f'c$. y M.R) a los 7 días. Sin embargo, a los 28 días de curado, las muestras de concreto tipo CA-25 tienen resultados superiores. Las muestras con una sustitución del agregado fino de 20% de tipo CA-

25 y 10% tipo CA-20 obtienen un $f'c$. de 280 kg/cm² cumpliendo con el $f'c$. de la traza. La solidez a la tracción del macizo se comporta de manera negativa con la incorporación del caucho para el caso de la muestra de tipo CA-25, por cada sustitución porcentual del 10% del agregado fino, el cual se tiene resultados negativos en promedio del 6% del M.R. las muestras de tipo CA-20, hay resultados negativos promedio del 8%. Los resultados obtenidos a la flexión. Se obtienen resultados positivos con un 40% de sustitución, para las muestras del tipo CA-25, y hasta un 30% para las muestras de tipo CA-20. Donde recomienda para la sustitución mayores a 20% se emplee caucho en sus diámetros evaluados (25 y 20mm), para uso en áreas de tránsito de peatones, con requerimiento de $f'c$.: 175 a 210 kg/cm². También recomienda que el concreto con adición de caucho pueda ser usado en pavimentos de concreto de clase 1, 2 o 3.

Sócrates, Vidaurre, Asenjo & Gavidia (2020); detalló mediante una revisión literaria de posturas del uso del caucho de neumáticos triturados y aplicados al concreto. Concluyendo que añadir fragmentos de goma elásticas provenientes de ruedas de hule y usados en el preciso, reemplazando a los compuestos convencionales ha abierto una exposición inmediata en el último año el agrado de investigadores de talla mundial poniendo su interés por estudiar los efectos del caucho en la combinación de concreto. En consecuencia, un mayor porcentaje de desarrolladores han recomendado un contenido límite de caucho de no más del 20% del volumen total del agregado y un tamaño no mayor que el tamaño del caucho desmenuzado. Mediante el punto de vista la resistencia a compresión a los 28 días, la mayoría de los investigadores llegan a la conclusión que el concreto se puede utilizar, pero con proporciones de 0 a 12.5% en peso sustituyendo al agregado fino para obtener concreto de alta resistencia con un límite de 60MPa, luego empieza a bajar su resistencia si aumentamos las proporciones. Sin embargo, se minimiza según la resistencia a la flexión en un 12.8% cuando se sustituye el 20% de agregado fino por agregado de caucho.

Germán (2019); desarrolló una investigación que tiene como objetivo: Mejorar la facilidad de manejar el macizo $f'c = 210$ Kg/cm² del estado fresco, añadiendo al

caucho irradiado con rayos gamma con una proporción de 0.9%, 1% y 1.5%. Aumentar el $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ añadiendo el caucho reciclado despedido descarga gamma con porción de 0.9%, 1.0% y 1.5%. Precisar una administración de hule de ruedas de goma elástica de reaprovechamiento difundido por exhalación gamma para mejorar las cualidades del concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en estado reciente e indurado. Concluyendo en la adición de neumáticos reciclados irradiados por rayos gamma mejora el $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ para la dosis de 0.9% en una 4% mientras que las dosis de 1.0% y 1.5% merma la resistencia a la compresión del concreto en relación a la muestra de concreto patrón, la óptima dosificación del caucho reciclado irradiados por rayos gamma que mejoraría las características del macizo en estado impasible y encallecido no siendo la de 1.0%, la óptima dosificación siendo la de 0.9% de caucho irradiado a 50 kGy, que se obtuvo un valor de $f'c = 309.87 \text{ kg/cm}^2$, siendo 4% más alta que la resistencia a la compresión del concreto guía. Se recomienda desarrollar estudios con una mayor prolongación de tiempo, para precisar el valor con mayor exactitud de la resistencia a la compresión del fortalecido $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con suma de goma elástica irradiada, como también sugiere realizar estudios para precisar la fortaleza a la flexión de la dureza $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ con agregado de caucho irradiado.

Chinguel & Flores (2019); desarrolló una investigación teniendo como objetivos generales precisando el comportamiento de la resistencia a la compresión simple del adoquín de caucho granulado reciclado, y los objetivos específicos son la definición de las cualidades físicas de los agregados de la cantera Garate, para alcanzar una resistencia pertinente al esfuerzo de compresión Moyobamba 2019, precisar el porcentaje de caucho granulado reciclado indicado, con respecto al volumen del agregado fino para lograr una resistencia a la compresión esperada, que se determinará al utilizar diferentes porcentajes de incorporación de caucho reciclado granulado en el boceto de adoquín de calcina con adición de la goma elástica reutilizable. Concluyendo que las respuestas de los ensayos a los 28 días el adoquín con 15% de caucho granulado reciclado es el porcentaje adecuado, ya que alcanza la mayor resistencia a la compresión simple equivalente a 357.38 Kg/cm^2 ; mientras que a los 14 días el adoquín con el 15% de caucho granulado

reciclado obtuvo un $f'c$ equivalente a 332.82 Kg/cm²; sin embargo, a los 7 días el adoquín convencional obtuvo $f'c$ equivalente a 302.01 Kg/cm². Se sugiere realizar estudios con variados porcentajes de caucho granulado reciclado.

Pacheco & Ticlo (2020); desarrolló una investigación teniendo como objetivos estimar el comportamiento de la resistencia a la compresión simple, agregando fibras de caucho reciclado al concreto $f'c = 280$ kg/cm², realizado en el 2010 en la ciudad de Lima. Examinó el comportamiento de la rigidez a la desinencia sumado a los filamentos de hule de ruedas reutilizables al macizo $f'c = 280$ kg/cm², Lima 2019. Detalló el porcentaje adecuado de fibras de caucho de neumáticos reciclados para el $f'c = 280$ kg/cm², Lima 2019. Concluyendo así la resistencia a compresión del mazacote con suma de filamentos de hule de neumáticos reciclados encima del 3%, 5% y 7% disminuye en 13.63%, 19.29%, 26.02% con relación al macizo modelo respectivamente. Si nos referimos a la fortaleza a la flexión adicionando filamentos de goma elástica de ruedas reutilizables al macizo $f'c = 280$ kg/cm² se determina que el concreto guía y el macizo sumando los filamentos de caucho reciclado alcanza un módulo de rotura de 58.0 kg/cm², mientras para la calcina con agregación de hebras de hule al 5% y 7% el módulo de rotura disminuye en 15% y 30.52% en relación con el concreto guía. Se recomienda realizar exámenes con fibras de mayores longitudes para tasar el procedimiento espontáneo del concreto con esta sustitución.

Ángulo (2018); desarrolló la investigación teniendo como objetivos, precisar las cualidades mecánicas de resistencia de los adoquines con adición de materiales de polipropileno y caucho. El siguiente objetivo planteado es el de diseñar las proporciones para adoquines de concreto, adoquines con adición de polipropileno y adoquines con neumático reciclado. Así mismo, precisar las cualidades en la aptitud del conglomerado petroleros a emplear para el diseño de mezcla para los adoquines, concluyendo en la investigación que las cualidades de la constitución – mecánico de los adoquines con suma de polipropileno al 10% son superiores que los adoquines habituales y adoquines con hule al 10% y 15%, mientras que los adoquines con adición de polipropileno al 15% y los adoquines con goma elástica

al 10%, las cualidades son un porcentual parecido a los adoquines tradicionales de igual forma se precisó que los adoquines de hule al 10% no obedece a las propiedades implantadas en la marco técnico. Se sugiere el uso de los adoquines con 10 y 15% de polipropileno y adoquines con 10% de goma elástica para su uso en suelos enlazados y por la disminución del aguante que tiene el adoquín con hule al 15%.

Abanto & Tantalean (2020); detalló una investigación teniendo como objetivos, medir la caracterización mecánica de los agregados para de hallar sus cualidades, el diseño de mezcla de concreto, sustituyéndose el agregado fino con caucho reciclado en 5%, 10% y 15% y se correlaciona la resistencia a la compresión de un macizo ordinario habitual y preciso con hule adicionado. Concluyendo se desarrolló la correlación de (Clase 1) un macizo simple y un calcina con caucho reciclado (clase 2, clase 3 y clase 4), logrando que, para la clase 2 (5% C.R.) consiguió su fortaleza total a la fijación con un resultado de $f'_{cr} = 269.77 \text{ Kg/cm}^2$, para la clase 3 (10% C.R.) gano un sumo efecto de $f'_{cr} = 152.89 \text{ Kg/cm}^2$, la clase 4 (15% C.R.) se precisa un aguante elevado de $f'_{cr} = 110.93 \text{ Kg/cm}^2$ y en final la clase 1, siendo así, es la clase liderada (macizo habitual), lo cual se logra la fortaleza total a la presión de $f'_{cr} = 215.76 \text{ kg/cm}^2$ donde se determina que el porcentaje optimo es de siendo el 5%. Se sugiere una realización exhaustiva e intensa en la investigación sobre el hule reciclado así pues el resultado de flexión para situar como activa el macizo frente a la evolución, como también sugiere realizar simulaciones con distintos tanto por cientos no superior al 5%.

Ledezma & Yauri (2018); desarrollo una investigación que cuenta con el objetivo situar la influencia mecánica del material de neumáticos la resistencia a compresión y tensión de la combinación de caucho y concreto en ciertos porcentos, en el diseño de mezcla de macizo para la fabricación de adoquines en una de las provincias de Perú como lo es Huancavelica con el agregado de caucho reciclado. Determinar la influencia que genera las mixtura de concreto reforzado con diversos tantos por cientos de material de caucho reciclado. Se concluye que la disminución de los datos obtenidos de las propiedades de la resistencia a compresión de los

compuestos con polvo de neumático es a consecuencia de la porosidad, por otra parte, las características mecánicas del compuesto del concreto con 25% en peso de partículas de neumáticos reciclado muestra las propiedades analizadas. Donde recomienda el uso de adoquines de concreto con adiciones de neumáticos en polvo en tránsito peatonal adoquines de TIPO I.

Ángel (2019); realizó una investigación que tiene como objetivos precisar las cualidades de constitución y mecánicas de los compuestos de la pedrera “Roca Fuerte”. Determinó la resistencia de los adoquines elaborados con adiciones de 5% y 10% de caucho con respecto a la muestra patrón. Donde concluye que la resistencia a compresión del adoquín adicionado 5% y 10% de caucho como agregado fino, varia en menos del 10%, no cumpliendo con la hipótesis formulada.

Alfayez (2020); menciona el uso del caucho del neumático en pavimentos de asfalto para un mejor rendimiento, económico, y los pavimentos sustentables ha ganado la atención en la últimas décadas, en las investigaciones indican que reduce las constantes deformaciones de pavimentos flexibles, la investigación enfoca el uso de caucho de neumático reciclado en pavimentos asfálticos en términos de propiedades de ingeniería, eficiencia y evaluación de la durabilidad, concluye la investigación que se utiliza el caucho de neumático como un aditivo en la carpeta asfáltica reduciendo la susceptibilidad a la temperatura del ligante asfáltico, La adición de caucho en los ligantes asfálticos puede mejorar la resistencia del asfalto al endurecimiento por envejecimiento.

Navarrete, (2019). Su tesis se enfoca en la evaluación del deterioro ambiental del uso de saldos completos de elastómero y suelo asfáltico añejo como opciones de mixturas asfálticas, brindando de esta forma la estabilización favorable ambiental, donde se estudió el elastómero en las clases del 4%, 8%, 12% y 16% y la granulometría delgada, media y gruesa, el diseño de mezclas asfálticas con pavimento asfáltico avejentado permitió concluir que las adiciones de elastómeros en las arqueadas granulométricas media y delgadas favorece en sus cualidades mecánicas.

Barra & Royano (2016); En la tesis de Master, se enfoca en la necesidad de buscar nuevas aplicaciones para el uso del caucho de ruedas en desuso (NFU), como componente en el concreto, sacando ventajas de sus cualidades de su constitución para refuerzo al concreto de una desfiguración blanda antes de la separación, la tesis termina que la carencia de fortaleza automática del concreto con reemplazo de hule, se origina a que los filamentos granulares son bastante más desfigurarles sueltamente que la ida de cemento que lo circula y también al adicionarle caucho grueso (0.5 – 2.5 mm) dio una mejor resistencia al hormigón que uno fino .

Basticas & Vinan (2017); su tesis indica, en este país Colombia, se consumen 2500000 de neumáticos al año, generando la producción de una cantidad parecidas de neumáticos que ha llevado su caducidad brindada. Por la legislación pública los fabricantes e empresarios importadores están sujetos a tomar el 30% de su oferta pero restante del 70% constituye el problema, en la investigación se centra en determinar la influencia mecánica en reemplazar la mixtura del hormigo al 4% en magnitud del final al 10 con filamento de hule reciclado, concluye que la forma de mejorar la resistencia a compresión es que la mezcla de hormigón con caucho antes se debería ser sometido a un tratamiento debido a que el caucho es hidrofóbico y esto podría generar fallas en el hormigón mezclado. También se concluye que las probetas con inclusión de caucho tienen una disminución de peso lo que podría aprovechar para minimizar su peso.

Soto & Marín (2019); en su tesis se busca sumar goma elástica prensada en distintos tantos por cientos en el hormigón hidráulico para que se pueda favorecer las cualidades prácticas de este para de alguna manera cooperar para disminuir el impacto ambiental, se concluye que la resistencia a compresión no se vio disminuida considerablemente, todos superaron la resistencia esperada de 21MPa.

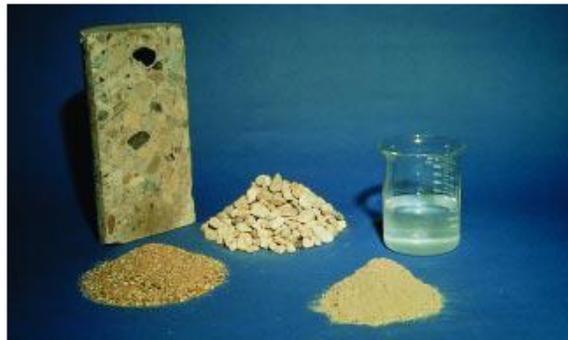
Pérez & Arrieta (2017); de su investigación de grado titulado: analizar para cualificar una mixtura de hormigón con caucho reciclado en un 5% en su total correlacionado con una mixtura de calcina tradicional de 3500 psi, se investiga al hallar las características y resultados adicionando el hule reutilizable de la calcina, del procedimiento de la constitución automática del concreto para que trabaje con el

marco técnico de construcción que requiere los materiales sismo resistentes. El caucho no utilizable es conveniente darle uso en proyecciones que siga evaluando este componente de macizo al cual se le agrega el hule triturado, de bajo de ruedas en una magnitud de 5% del total de la mezcla heterogénea proporción del filamento (tamiz 30 delgado a tamiz 10 grueso). Con el ensayo de resistencia a compresión simple la disminución de esta fue apreciable sobre el sólido habitual o modelo lo cual se debe a la esponjosidad que viene en el espécimen con la suma de hule de neumático reciclado, también a la mínima suma que existe entre la masa de calcina, así mismo, el reemplazo de hule reutilizable termina con el error final del hormigón hidráulico.

Concreto:

En esta oportunidad los autores como Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi nos indica “El concreto es una aleación de componentes: agregado fino y agregado grueso más la masa. La masa, es compuesta de macizo portland: H₂O y los compuestos, esta última está compuesta normalmente por arena y grava (roca minimizada, piedra arruinada, pedrejón), que se crea una pasta semejante a una roca. Esto aparece por la concretización de la masa, por el efecto química de la calcina con el H₂O (Fig. 01).

Figura 1. Aditivos de la calcina: cemento, H₂O, compuesto fino, agregado grueso.



Fuente: Recuperado de “Steven H. Kosmatka, Beatrix Kerkhoff, William C. Panarese, y Jussara Tanesi” Diseño y Control de Mezclas de Concreto” (2004)

Cemento:

Según el comité técnico de normalización de cementos INDECOPI “NTP 334.009” (2013) Cemento Portland. nos dice que el cemento hidráulico está formado mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulico y que contiene sulfato de calcio como adición durante la molienda. (Fig. 02), (pág. 05).

Figura 2. El cemento portland, es un material muy fino que al mezclarse con el agua se transforma como en un pegamento que une las partículas que forma el concreto.

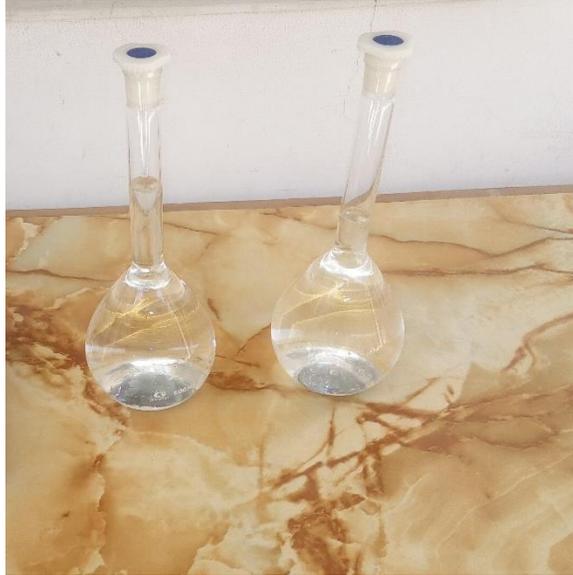


Agua:

Según SENCICO “RNE E-060” (2009); nos dice, el agua es utilizada en la preparación y curado del concreto que tiene que ser de preferencia potable (Fig. 03).

Se da la opción de utilizar aguas no potables, pero sólo si se cumplen los requisitos que indica según el comité técnico de normalización de agregados, concreto, armado y pretensado INDECOPI “NTP 339.088” (2011) y cumple las siguientes exigencias:

Figura 3. El agua que se utiliza para el uso humano es también buena para la formación del concreto.



Agregado fino:

Según SENCICO “RNE E-060” (2009); nos dice que puede ser natural o manufacturada, o una combinación de estos dos. Sus partículas de grano deben estar limpias, de perfiles preferentemente angulares, duros, compactos y resistentes. No deberá tener partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias dañinas que pueda perturbar el comportamiento del concreto. (pág. 17).

Agregado Grueso:

Según SENCICO “RNE E-060” (2009); nos dice que “podrá ser formada de grava natural (piedra zarandeada) o triturada (piedra chancada) o una combinación de estos dos y deberá estar libre de partículas escamosas, materia orgánica u otras sustancias que perturben el concreto. El agregado deberá estar limpia, de perfil preferentemente angular o semi-angular, duras, compactas, resistentes y de textura rugosa. En el agregado natural las partículas deberán estar limpias, duras, compactas, resistentes, pudiendo ser redondeadas y de textura lisa. (pág. 17).

Concreto en estado fresco:

Dosificación:

Según Kosmatka et al. "Diseño y control de mezclas de concreto" (2004) nos indica la dosificación es una determinación de medida, por peso o de manera volumétrica, de los ingredientes del concreto y el mezclado. Para obtener un concreto deseado, los ingredientes se deben medir con exactitud en cada mezclado. En las indicaciones técnicas requiere que la proporción sea por peso y no de manera volumétrica. El agua y los aditivos líquidos se pueden obtener con precisión, por peso o de manera volumétrica.

Mezclado:

Según Kosmatka et al nos indica "que la combinación del concreto sea completamente homogénea, con todos los componentes del concreto igualmente distribuidos. Los maquinas usadas para el mezclado no se debe exceder en su capacidad y se debe operar de acuerdo a las indicaciones del fabricante. El aumento de la producción se lograría con la utilización de equipos de mezclado con capacidad mayor, más no excediendo la capacidad de dichos equipos. Lo cual se tendría que corregir, evaluar si la producción del concreto fue de manera correcta, el muestreo en distintas porciones va a tener esencialmente la misma densidad, contenido de aire, consistencia y contenido del agregado fino. Las indicaciones técnicas para la aceptación del mezclado del concreto se basarán en el ASTM-C-94 - AASHTO-M157 (2008) (pág. 219).

Consolidación:

Según Adam Neville "Tecnología del Concreto" (2013); menciona el objetivo de la consolidación del concreto, es obtener la densidad máxima, actualmente esta técnica su uso mínimo o muy limitado. El método usual común es de compactación por vibración.

En el momento que se coloca el concreto en la cimbra, las burbujas de aire pueden tener entre 5% (en una mezcla de trabajabilidad alta) y 20% (en un concreto de

revenimiento bajo) del volumen total. La vibración tiene el efecto de que el concreto se comporte como un fluido, de modo que la fricción interna se reduce y ocurre el empaquetado del agregado grueso. (pág. 170).

Concreto en estado endurecido:

Curado:

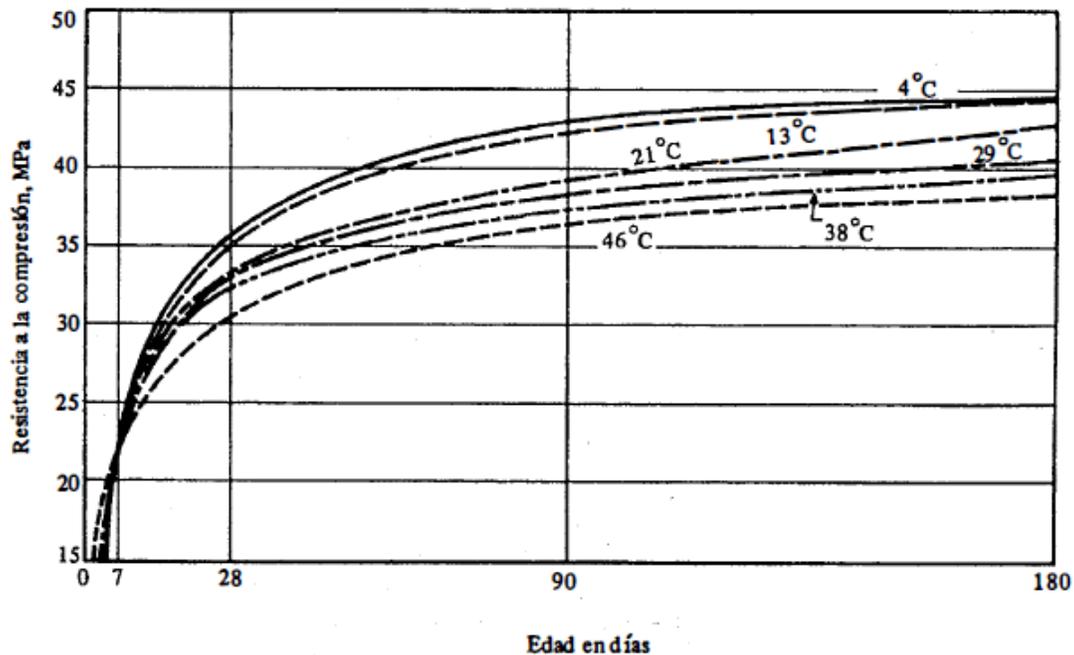
Según Adam Neville "Tecnología del Concreto" (2013); menciona que para producir un concreto deseado, se debe seguir un curado adecuado, controlando la temperatura adecuada en los primeros (días) del endurecimiento.

El curado es la denominación que se da al proceso de hidratación del concreto; control de la temperatura, a partir de la superficie, hacia dentro del concreto. El factor temperatura se especifica en la (figura 05), el curado es hidratado el concreto, o parcialmente hidratado como sea posible, con la finalidad de obtener concreto con resistencia deseada.

Según norma ASTM C-31 "Preparado y curado especímenes de ensayo de concreto" (2008); el curado inicial de concreto se debe realizar inmediatamente después de moldear y acabar los especímenes, posteriormente almacenados por un tiempo hasta de 48 horas a una temperatura de 60 y 80 °f. (16 y 27 °c) y en un ambiente que evite o minimiza la pérdida de humedad de las muestras. (pág. 214).

Según norma ASTM C-31 "Preparado y curado especímenes de ensayo de concreto" (2008); el curado final al completar el curado inicial del concreto y dentro de los 30 minutos. Después de quitar los moldes cure los especímenes con agua libre mantenida sobre las superficies, todo el tiempo a una temperatura de 73 +/- 3 °f. (23 +/- 2 °C.) utilizando recipientes de agua o cuartos húmedos que obedezcan con los estándares C 511. (pág. 215)

Figura 4. Influencia de la temperatura a las dos horas después del colado sobre el comportamiento de la resistencia del concreto (todas las muestras selladas y después de 2 horas curados a 21 °C)



Fuente: Recuperado de Adam Neville "Tecnología del concreto" (2013).

El Caucho y Clasificación:

El caucho para el uso de neumáticas se obtiene de la naturaleza (cis-crispolissopreno), se fabrica a partir del látex, que está compuesto de un líquido lechoso con partículas de caucho en suspensión provenientes del árbol Hevea Brasiliensis, de origen Brasileo, pero fue exportado a Reino Unido, específicamente a Inglaterra en 1876 y de allí exportado a otros países bajo dominio británicas, determinando que hoy las principales plantaciones que se ubica en el sureste del continente asiático, mayormente en Malasia. El látex se define como una sustancia constituida por agua que corresponde entre el 52 y 72% de su composición, entre el 27 y 40% está formado de biopolímero y lo restante está constituido por proteínas como: ácido nucleídos, azucares y minerales.

La estructura de la goma natural que es el caucho, es fundamental cis-poli (1,4-isopreno).

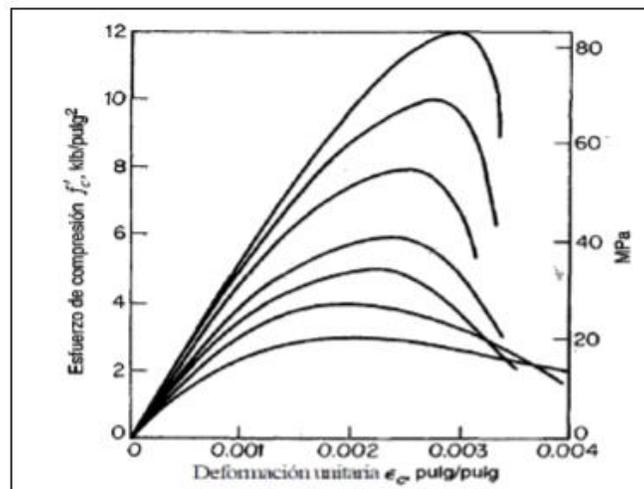
Compuestos y Caracterización de los Neumáticos Usados.

El caucho usado, son anillos circulares que está compuesto de goma que rodea la llanta, esta a su vez absorbe y controla las fuerzas transitorias en el eje y la carretera. Los neumáticos están compuestos de material, ya sea de caucho sintético o natural, y también de negro de carbono, óxido de zinc, acero, material textil, etc.

Propiedades Mecánicas del Concreto con Caucho.

Según Nilson, A. (1999), la resistencia a compresión simple de concreto se define como la medida máxima de la resistencia mecánica de carga axial de muestras de concreto. El comportamiento mecánico bajo carga que depende en alto grado de las relaciones esfuerzo – deformación del material con el cual está construida. El concreto se realiza principalmente ensayos a compresión mecánicas, resulta de mucho interés la curva esfuerzo deformación unitaria a la compresión. Esta curva se determina mediante mediciones apropiadas de la deformación unitaria en ensayos axiales de probetas cilíndricas. La Figura 5, muestra un conjunto de estas líneas para concreto de densidad normal y de 28 días, obtenida a partir de ensayos de compresión uniaxial simple, el procede el ensayo con velocidades de cargas normales a moderadas.

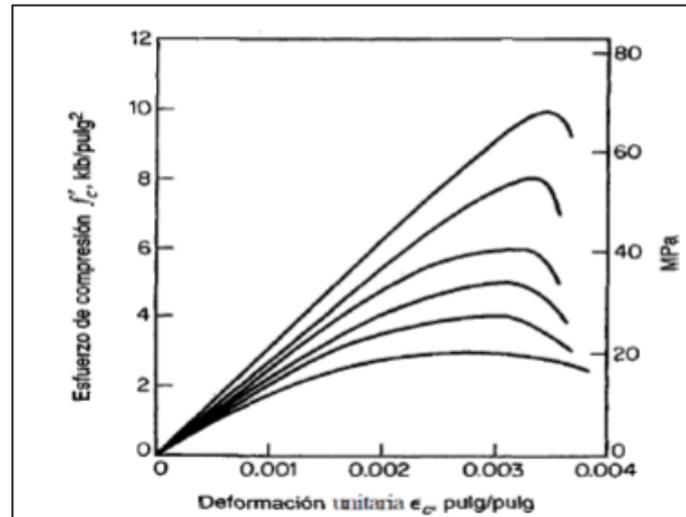
Figura 5. Curva esfuerzo versus deformación unitaria a la compresión simple, típicas para concreto de densidad normal con 2300kg/cm³. (Barra 2016).



Fuente: Recuperado de “master UPC de Barcelona” OFEFP, (Barra, 2016)

En la figura 2, se muestra las curvas correspondientes para hormigones livianos con densidades de 1600kg/m³. Se resulta que todas las curvas tienen características similares.

Figura 6. Curva esfuerzo deformación unitaria a la compresión de concretos livianos 1600kg/m³. (Nilson,1999).



Fuente: Recuperado de “master UPC de Barcelona” OFEFP, (Barra, 2016)

En los gráficos anteriores se muestra que todo tienen un comportamiento elástico y líneas el cual los esfuerzos y la deformación unitaria son de manera dosificada, luego comienzan a inclinarse hacia la horizontal donde alcanzan la fuerza máxima. Es decir, la resistencia a compresión para una deformación unitaria que varía aproximadamente entre 0.002 a 0.003, para concreto de densidad normal, y 0.003 y 0.0035 para concretos livianos, entonces los mayores valores en cada caso corresponden a las mayores resistencias.

Resistencia a Flexión.

Según Schultz, (2004); la resistencia a tracción va disminuyendo su valor conforme se incrementa el porcentaje de adición de PNFU, las conclusiones experimentales dieron resultados que para un concreto con adición de PNFU del 3.5%, la resistencia a la flexión decrece de 11.8% a 27.8% respectivamente.

En un estudio realizado por la Universidad de Coventry por Ganjian et al, (2009). el decrecimiento en la resistencia mecánica a flexión varía entre 37% y 29%, como se observa en los estudios determinados de concreto con PNFU.

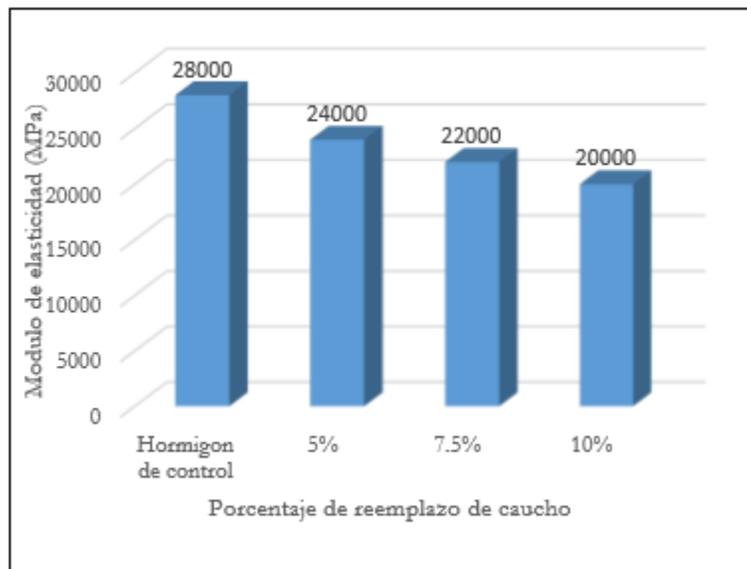
Módulo de Elasticidad.

Según Valadares (2012); lo concluido en su investigación, el módulo de elasticidad de diseños investigadas muestra una reducción en el valor respecto a un concreto guía, por el cual sé determino que esta propiedad mantiene las mismas tendencias para ensayos de la resistencia a compresión.

Según los estudios de Barra et al., (2016) al adicionar agregado por partículas de NFU, decrece efectivamente el módulo de elasticidad del concreto. El concreto lo considera como un modelo de una mezcla heterogénea de agregados y cemento, el impacto en los agregados es debido al módulo de elasticidad y a la ratio volumétrica de estas partículas en el hormigón, entonces si el módulo de elasticidad es mayor en agregados mayor será el módulo de elasticidad del hormigón. Esto demuestra que el módulo de elasticidad está relacionado directamente con el volumen de PNFU.

Se visualiza los resultados de Ganjian et al, (2009) en donde se observa una tendencia de la reducción del módulo de la elasticidad de hormigón al agregarle caucho con respecto al hormigón patrón.

Figura 7. Reducción del módulo de elasticidad, Barra et al., (2016).



Fuente: Recuperado de “master UPC de Barcelona” Tecnología del concreto.

Propiedades Físicas del Caucho con Hormigón.

Se define que la estructura del concreto es una estructura durable capaz de soportar fatigas, degradación y otros factores que debitan o erosionan.

Absorción y Porosidad.

El concreto es un material complejo y su comportamiento en servicio depende de varios factores como las teorías de cálculo estructural, diseño de dosificación, materiales utilizados, geometría del adoquín.

La porosidad es un parámetro que asegura la durabilidad del concreto y ello se observa en las normas y/o códigos.

Por ejemplo, dos materiales con igual porosidad, pero distintas conexiones entre poros tendrán diferente comportamiento mecánico. Los materiales con poros interconectados serán más susceptibles a ataques de agentes agresivos.

Densidad.

Es el peso del material sobre unidad de volumen, y su unidad de medida es m³. La densidad del concreto tiene relación directa con los materiales (agregado) que se

utilizan en su composición. En este se pueden usar arena, cemento, rocas, gravas o gravilla.

Resistencia a la Compresión ($f'c$):

Según el Flavio Abanto Castillo “Tecnología del concreto” (2017); nos dice La resistencia mecánica del espécimen no puede probarse en condición plástica, por lo que el desarrollo procede en la toma de muestra al momento de la elaboración del concreto seguidamente se cura y se realizan ensayos de resistencia a compresión simple.

Procedimiento para ensayos de laboratorio: compresión, tolerancia dimensional, absorción máxima, Resistencia a la abrasión y resistencia al congelamiento y deshielo.

Dimensiones del adoquín serán de ancho 20 cm y alto 8cm y lado de 10 cm, el uso según el objetivo de tesis esta para vehículos livianos, pero existe la posibilidad de que la resistencia sea negativa a la exigencia de la normativa, por lo cual la resistencia que exige para peatonal es 28MPa y para vehículo liviano como mínimo 37 MPa.

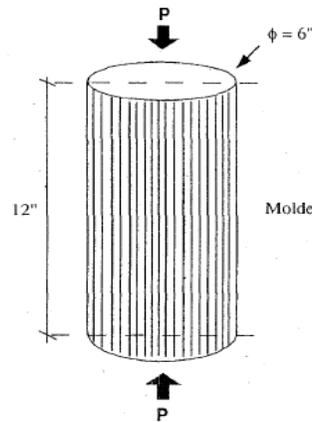
Resistencia a Compresión.

se determina aplicando cargas en una prensa hidraulica de compresion obtenido roptura de falla. La escala de carga con maquinaria hidraulica se debe controlar en un rango de 0.15 a 0.35 Mpa/s.

la resistencia a compresion del concreto se determina su valor sobre la carga maxima soportada la probeta hasta producirse las grietas entre el area de la seccion. Se determina de acuerdo el ASTM C 39 “Metodo de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especimenes” (2006)

Según la ASTM C 39 “Metodo de ensayo normalizado para resistencia a la compresión de especimenes” (2006); los ensayos de la resistencia a copresion simple del concreto de especimenes curados en aire humedo deben ser realizados tan pronto como sea practicable despues de sacarlos de la zona humeda.

Figura 8. Manera de ensayos de la resistencia a compresión.



$$f_c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$A = \frac{\pi(\phi)^2}{4}$$

Fuente: Recuperado de “Flavio Abanto Castillo” Tecnología del concreto (2017)

Tolerancia dimensional.

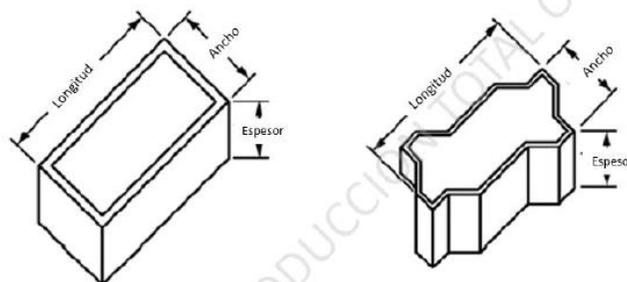
La tolerancia dimensional se evaluará tomando las medidas de la longitud, ancho, espesor del adoquín cumpliendo así con lo establecido en INACAL “NTP 399.611” (2017) de unidades de albañilería.

Tabla 1. Tolerancia dimensional según la INACAL “NTP 399.611” (2017).

TOLERANCIA DIMENCIONAL, MAX. (mm)		
Longitud	Ancho	Epesor
+/- 1.6	+/- 1.6	+/- 3.2

Fuente: Recuperado de INACAL “NTP 399.611” (2017).

Figura 9. Dimensionamiento de adoquines.



Fuente: Recuperado de INACAL “NTP 399.611” (2017)

Absorción Máxima.

La absorción máxima se evaluará realizando ensayos de laboratorio cumpliendo así con lo establecido en INACLA “NTP 399.611” (2017) de unidades de albañilería.

Tabla 2. Tolerancia de Absorción según el INACAL “NTP 399.611” (2017).

Tipo de Adoquín	ABSORCION MAX. (%)	
	promedio de 3 unidades	unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Fuente: Recuperado de INACAL “NTP 399.611” (2017).

Resistencia a la Abrasión.

De acuerdo el INACLA “NTP 399.611” (2017); nos indica que la NTP 399.625, los adoquines deben tener desgaste de volumen no más a 15 cm³ / 50 cm². El desgaste del espesor promedio no debe superar los 3mm.

Resistencia al Congelamiento y Deshielo.

De acuerdo al INACAL “NTP 399.611” (2017); los especímenes del adoquín no deben fallar ni tener disminución en peso seco mayores al 500 g/m² de la unidad individual cuando está sometida a 50 ciclos de congelamiento y deshielo. Este ensayo debe ser realizado antes de los 12 meses de la fecha de entrega del lote.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

El **tipo de investigación** del proyecto se trata de una investigación cuantitativa.

El **diseño de investigación** experimental donde se obtendrá datos a través ensayos realizados.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente: sustitución de neumáticos reciclados

Definición conceptual: Los neumáticos de caucho se pueden clasificar en radiales y diagonales, según las estructuras de la cobertura. Se centran un gran porcentaje de la industria del caucho constituyendo el 60 % de la producción anual del mismo.

Los cauchos de neumáticos son materiales poliméricos con dimensiones que pueden variar según sea el tipo de esfuerzo al que son sometidos, volviendo a su forma cuando el esfuerzo se retira.

El caucho natural se extrae a partir del árbol *Hevea Brasiliensis* que es un látex con partículas de caucho en suspensión. Después de un proceso de secado y de ahumado se utilizan diferentes productos. Hoy en día alcanza el 30 % del mercado de los cauchos, el resto lo ocupan los cauchos sintéticos. “Botasso, González, Rivera, Rebollo”. (2010).

Definición operacional: El caucho reciclado serán molidos, provenientes de la trituración de los molinos, donde se incorporará al diseño de mezcla con un $f'c=340$ kg/cm².

Indicadores: ensayo de las propiedades físicas, proporciona miento

Escala de medición: Porporción

Variable dependiente: Diseño de mezcla de concreto.

Definición conceptual: Diseño de mezcla de concreto. El proceso de determinación de las características mecánicas requeridas del adoquín de concreto y que se pueden especificar se llama diseño de mezcla. Las características que se determinan son: (1) las propiedades del concreto fresco, (2) propiedades mecánicas del concreto endurecido y (3) límites de ingredientes específicos. El diseño de la mezcla lleva al desarrollo de la especificación del concreto. (Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU., 2004).

Definición operacional: Se seleccionan las características tomando en cuenta el uso que se da al concreto, las condiciones físicas de exposición, tamaño y forma de las muestras y las propiedades físicas del concreto (tales como resistencia a la congelación y resistencia mecánica) requeridas para la estructura. Las

características deben reflejar las necesidades de la estructura, por ejemplo, se debe verificar la resistencia a los iones cloruros y se deben especificar los métodos de ensayos apropiados. Después que se hayan elegido las características, se puede dosificar la mezcla a partir de datos de campo o de laboratorio. Como la mayoría de las propiedades deseadas en el concreto endurecido dependen principalmente de la calidad de la pasta cementante, la primera etapa para el proporcionamiento del concreto es la elección de la relación agua-material cementante apropiada para la resistencia y durabilidad necesarias. Las mezclas de concreto se deben mantener lo más sencillas posible, pues un número excesivo de ingredientes normalmente dificulta el control del concreto. Sin embargo, el tecnólogo de concreto no debe descuidar la moderna tecnología del concreto. (Kosmatka, Steven H.; Kerkhoff, Beatrix; Panarese, William C.; y Tanesi, Jussara: *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, EE.UU., 2004).

Indicadores: la resistencia a compresión, desarrollo del crecimiento, tiempo de fraguado.

Escala de medición: de razón.

3.3. Población (criterio de selección) muestra y muestreo.

Población: es el conjunto de adoquines que se realizaran, de concreto convencional muestra patrón, concreto con sustitución al 10% de caucho granulado, concreto con sustitución al 15% de caucho granulado, concreto con sustitución al 20% de caucho granulado, a un $f'c=340$ kg/cm²

Muestra: Se trata de un grupo de la población de estudio donde se determinará mediante la siguiente ecuación. Por tanto:

En cuanto a la investigación cuantitativa, la muestra representativa es parte de la población de interés que se coleccionan datos, y se ha de definirse y delimitarse con mucha precisión, además, debe ser representativo de un grupo de la población de muestra (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Ecuación para determinar la muestra es:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{(N - 1)E^2 + (Z^2 * p * q)}$$

Dónde:

'n = tamaño de muestra

Z= Valor asociado a nivel de confianza al 95% 1.96

E= Error de estimación al 5%

N= Tamaño de población serán 24 especímenes de adoquines.

'p= proporción de éxito.es una probabilidad que suceda o no suceda el evento como no se conoce p se considere 50%

'q= como no se conoce p se considera al 50%

$$n = \frac{24 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{(24 - 1)0.05^2 + (1.96^2 * 0.5 * 0.5)}$$

$$n = 22.64$$

$$n = 23$$

La muestra que se determinara serán 24 adoquines de concreto para esta tesis de investigación.

Muestreo: Las muestras se fabrica en un laboratorio que se someterán ensayos a compresión para determinar sus características mecánicas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se generará grafico donde se vea el comportamiento de la resistencia del adoquín

La instrumentación usada para la colección de datos mediante los ensayos de laboratorio es:

Juego de tamices.

Horno digital.

Moldes con volumen conocido.

Equipo de prensa hidráulica

Formatos para determinación de los datos.

Moldes para adoquín.

3.5. procedimientos.

Se determinó las características físicas del agregado:

Ensayo de clasificación de suelos se determinó conforme a la NTP 400.003. del agregado grueso y el agregado fino.

En el laboratorio de materiales de la ciudad de Chiclayo, se realiza el ensayo de densidad de material suelto y compactado utilizando la norma ASTM C29.

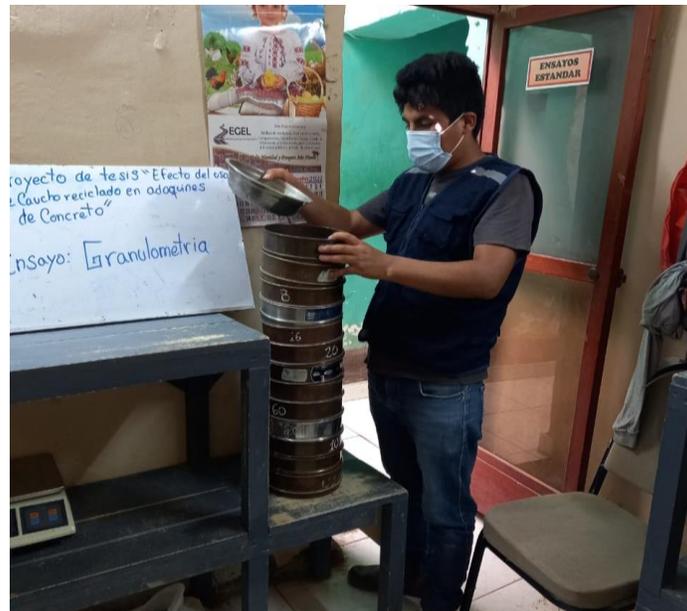
Ensayo de peso unitario del agregado grueso suelto

Ensayo de peso unitario del agregado grueso compactado

Ensayo de peso unitario del agregado fino compactado

Ensayo de peso unitario del agregado fino suelto

Figura 10. Ensayo del de granulometría de los agregados



Ensayo del peso unitario suelto y peso unitario compactado se determinó manera a lo indicado en la norma ASTM C 29.

Figura 11. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.

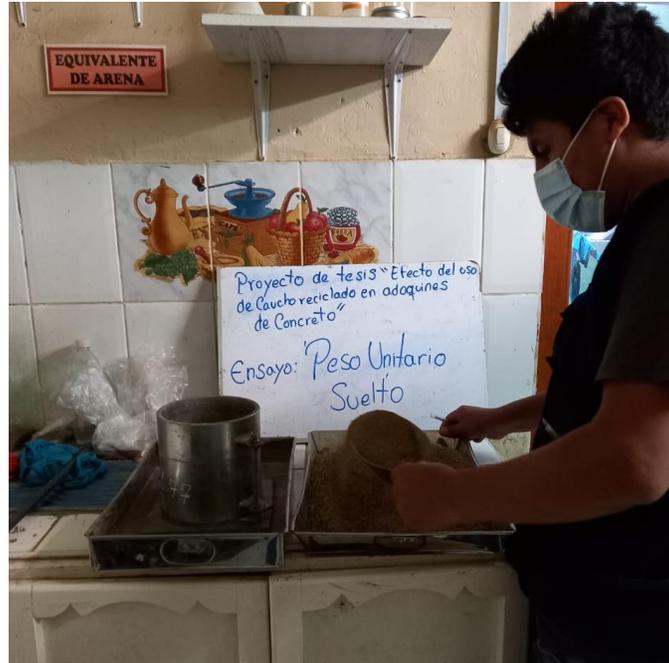


Figura 12. Ensayo de peso de unitario compactado del agregado fino.



En la figura 13 y la figura 14, se muestra el trabajo realizado en laboratorio de ensayo de materiales en la ciudad de Chiclayo, determinado la densidad del material de agregado grueso en estado suelto y estado compactado.

Figura 13. Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino

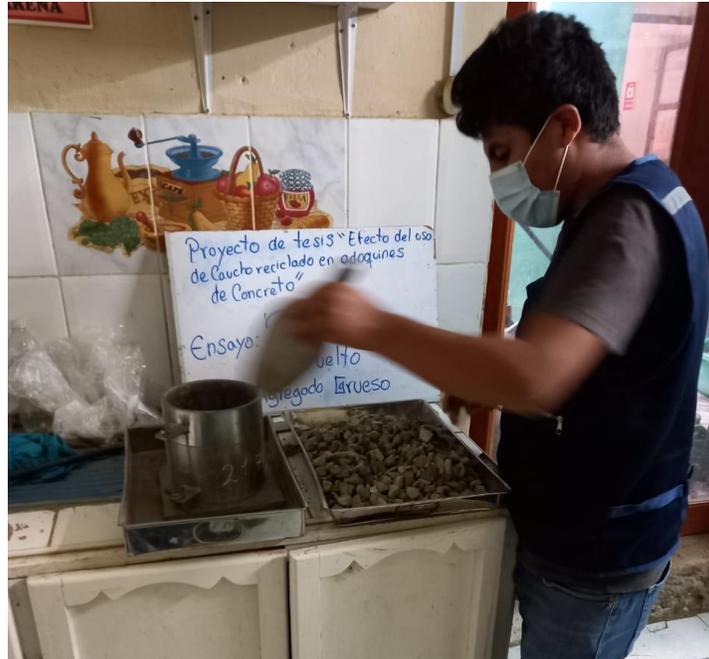


Figura 14. Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.



Ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso se determinó mediante el ASTM C 127 y el agregado fino se determinó mediante el ASTM C 128.

Figura 15. Ensayo de peso específico del agregado fino.



Figura 16. Ensayo Absorción del agregado fino.



En la figura 17, se muestra el ensayo de la absorción y densidad del agregado grueso en laboratorio en la ciudad de Chiclayo.

Figura 17. Ensayo Absorción y peso específico del agregado grueso



Ensayo del contenido de humedad natural en porcentaje del agregado grueso y el agregado fino se determinó en un horno digital a una temperatura de 105 °c durante 24 horas, se cumple con los requerimientos de la NTP.

Figura 18. Ensayo de humedad del agregado fino y Agregado grueso.



Se determina las características físicas del caucho granular reciclado, tales como la densidad del caucho granulado, este procedimiento se observa en la figura 19.

Figura 19. Ensayo peso unitario del caucho granulado.



Fuente: Determinación nuestra

Se realizará el diseño de mezcla del concreto patrón para la comparación con el adoquín con sustitución de los agregados con caucho, entonces se agregado al concreto con 10% de caucho granulado, con 15% de caucho granulado, con 20% de caucho granulado, se observa en la figura 20 este procedimiento.

Figura 20. Preparación de la mezcla del concreto con adición de caucho.



Seguidamente, después del mezclado de concreto con el caucho se procede a utilizar los moldes de metal para fabricar el adoquín solo conformado con concreto, adoquín con adición de caucho reciclado granulado en proporción en volumen de 10%, 15% y 20%.

Figura 21. Elaboración de adoquines de concreto con adición de caucho.



Se determina la resistencia a compresión simple del adoquín de la muestra patrón que consiste solo material de concreto, el siguiente es de concreto con adición de material de caucho reciclado en porcentaje del 10%, 15% y 20%, a una velocidad constante, y la persona que realiza los ensayos es el mismo para todas las muestras, con la finalidad de que el error humano en la velocidad de ensayo disminuya, el laboratorio está acreditado para este Tipo de ensayos.

Figura 22. Ensayo de resistencia a compresión se determinó de a la ASTM C 39.



3.6. Método de análisis de datos

Se utiliza programa Excel y se observa el comportamiento conforme se incrementa la cantidad de porcentaje de caucho.

3.7. Aspectos éticos

El trabajo se desarrolla de manera transparente, certificando el profesional que realiza el ensayo y el laboratorio acreditado, lo cual garantiza la calidad del trabajo.

IV. RESULTADOS

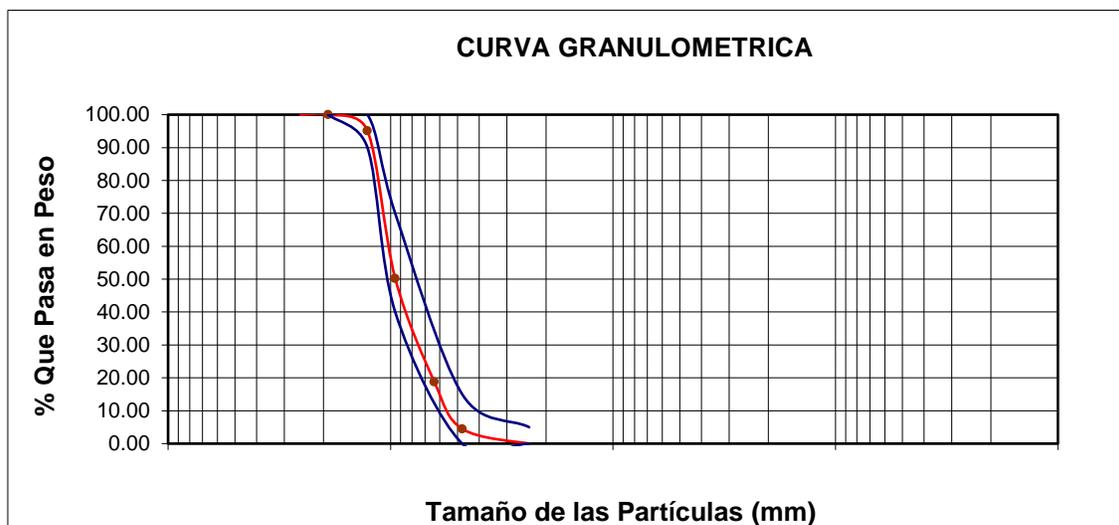
Para la determinar los objetivos de la investigación se adquirió los del agregado fino y agregado grueso, cemento portland tipo I como también caucho granulado de los neumáticos reciclados donde se realizó ensayos de laboratorio para determinar sus características físicas.

características físicas del agregado grueso

Ensayo de granulometría.

El ensayo de granulometría se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 400.037 se hará para la verificación de la gradación de tamaños según lo especificado en la tabla 30. Como también obtener el tamaño máximo y el tamaño máximo nominal.

Figura 23. Curva granulométrica del agregado grueso.



Dónde:

Tamaño máximo = $\frac{3}{4}$ "

Tamaño máximo nominal = $\frac{1}{2}$ "

Peso Unitario Suelto.

Este ensayo se desarrolló como lo indicado en la norma ASTM C 29 se determina la densidad aparente del agregado grueso en estado suelto, el cual se determina 1443 kg/m³, para el agregado grueso.

Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m ³)	1443
--	------

Peso Unitario Compactado.

Este ensayo se desarrolló como lo indicado en la norma ASTM C 29 se determina la densidad aparente del agregado grueso en estado suelto, el cual se determina 1626 kg/m³, para el agregado fino.

Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m ³)	1626
--	------

Peso Específico del agregado grueso.

Este ensayo se desarrolló considerando lo especificado en el ASTM C 127 y AASHTO T - 85 donde se determinó.

Peso Específico s.s.s. ()	2.627
----------------------------	-------

Absorción del agregado grueso.

Este ensayo se determinó considerando lo especificado en el ASTM C 127 y AASHTO T - 85 se determinará la absorción para la corrección de la dosificación de agua en el diseño de mezcla.

Absorción (%)	0.93
---------------	------

Humedad natural del agregado grueso.

Dicha determinación se desarrolló en concordancia a la norma ASTM D 2216 se determinará el porcentaje de humedad del agregado grueso en estado natural.

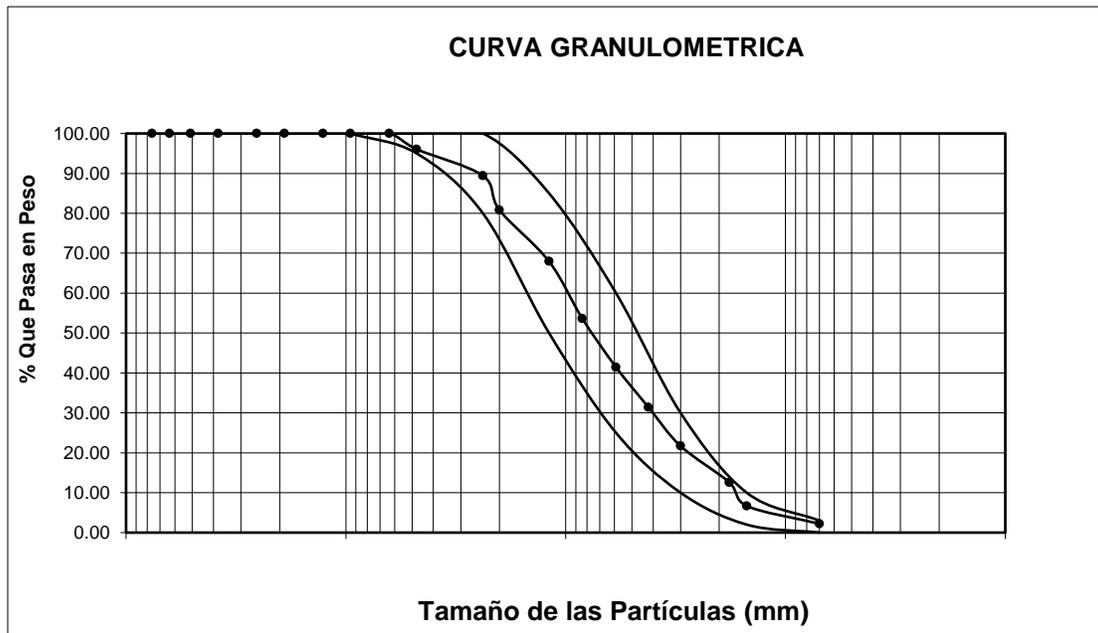
% de humedad	0.82%
--------------	-------

Características Físicas del Agregado Fino.

Ensayo de granulometría.

Dicha determinación se ejecutó tomando en cuenta la norma NTP 400.037 se hará para la verificación de la gradación de tamaños según lo especificado en la tabla 29. Como también determinar el módulo de fineza.

Figura 24. Curva granulométrica del agregado fino.



Donde obtenemos:

El módulo de fineza se determinó:

$$MF = \frac{\sum \%retenido_acumulado(N^{\circ}4 + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

$$MF = 2.77$$

Peso Unitario Suelto del Agregado Fino.

Dicho ensayo se ejecutó de acuerdo a lo indicada en el ASTM C 29 se determina la densidad aparente del agregado fino en estado suelto.

peso unitario suelto promedio (kg/m ³)	1533
--	------

Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino.

Dicho ensayo se ejecutó de acuerdo a lo indicada en el ASTM C 29 se determina la densidad aparente del agregado fino en estado compactado.

Peso Unitario Compactado Promedio (kg/m ³)	1725
--	------

Peso Específico del Agregado Fino.

Este ensayo se desarrolló de acuerdo a la ASTM C 128 y AASHTO T - 85 donde se determinó.

Peso Específico s.s.s. ()	2.566
----------------------------	-------

Absorción del Agregado Fino.

Este ensayo se desarrolló de acuerdo a la ASTM C 128 y AASHTO T - 85 se determinará la absorción para la corrección de la cantidad de agua en el diseño de mezcla donde se determinó.

Absorción (%)	0.64
---------------	------

Humedad natural del Agregado Fino.

Dicha determinación se ejecutó de acuerdo a la norma ASTM D 2216 se determinará el porcentaje de humedad contenida por el agregado fino en estado natural.

% de humedad	0.36%
--------------	-------

Características Físicas del Caucho Granulado

Peso Unitario suelto.

Se realizó para determinar la masa en unidad de volumen.

Peso Unitario Suelto Promedio (kg/m ³)	491
--	-----

Diseño de Mezcla de Concreto

Determinaremos la dosificación de los agregados, el cemento, el agua para concreto patrón luego determinaremos la cantidad de caucho granulado para el concreto a un 10%, 15%, 20% en sustitución del volumen del agregado, para la dosificación de la mezcla de concreto usaremos el método regido por ACI donde usaremos las siguientes tablas.

proceso de Determinación de Dosificación Teórico del Concreto Convencional (Patrón)

El requerimiento unitario de la resistencia a compresión proyectada es de $f'c = 340$ kg/cm², por lo tanto, la resistencia promedio requerida se determinará mediante lo indicado en la tabla 35 del Anexo.

por lo tanto, la resistencia promedio requerida según la tabla para la resistencia proyectada se le suma 84 kg/cm².

Donde $f'cr = 340$ kg/cm². +84 kg/cm². =424 kg/cm².

La elección del asentamiento realizo de acuerdo a la Tabla 36 del Anexo, como también se tomó en cuenta las condiciones de colocación, para el diseño se consideró un asentamiento de 1" a 2" (50.8 mm a 25.4 mm).

La característica de los agregados se desarrolló mediante los ensayos de laboratorio donde se especifica las características físicas del agregado grueso y fino.

Tabla 3. características de los agregados

ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Gravedad específica (SSD)	---	2.63	2.57
TMN	in	1/2	---
MF	%	---	2.77
Humedad	%	0.82	0.36
Absorción	%	0.93	0.64
PUC	kg/m ³	1626	1725
PUS	kg/m ³	1443	1533

Las características del cemento.

CEMENTO PORTLAND PACASMAYO TIPO I

Peso Especifico	3.12	gr/cm ³
-----------------	------	--------------------

Contenido de Agua:

Según las especificaciones el concreto, tendrá un asentamiento de 1" a 2" (50.8 mm a 25.4 mm).

El agregado grueso posee un tamaño máximo nominal de **TMN ½"** (12.70 mm)

Debido a que no se utilizará incorporador de aire, la cantidad de agua que se empleará para producir la consistencia será de acuerdo a la tabla 31 del anexo, donde indica que es:

AGUA =	199.00	lt/m³
---------------	---------------	-------------------------

Contenido de Aire:

Como el concreto no estará sometido a climas severas de temperaturas bajas, se considera un contenido de aire atrapado de acuerdo a la tabla 32 del Anexo, tomando en cuenta el TMN del agregado grueso:

AIRE =	2.50	%
---------------	-------------	----------

Relación Agua/Cemento:

Como se prevé el concreto es sin aire incorporado, por lo tanto, la relación agua/cemento (A/C) será de acuerdo a la tabla 33 del Anexo tomando en cuenta la resistencia a compresión requerida:

A/C =	0.45
--------------	-------------

Contenido de Cemento:

De acuerdo a la información obtenida del contenido de agua y la relación agua/cemento.

$$A/C = \frac{\text{Contenido de agua}}{\text{Contenido de cemento}}$$

$$\text{cemento} = \frac{\text{Contenido de agua}}{A/C}$$

CEMENTO =	438.33	kg/m³
------------------	---------------	-------------------------

Contenido del Agregado Grueso:

El contenido del agregado grueso se determina de acuerdo a la tabla 34 del Anexo, tomando en cuenta el módulo de fineza del agregado fino, el TMN y el peso específico unitario del agregado grueso compactado; la tabla 34 del Anexo, recomienda el uso de **0.55** m³. de agregado grueso por metro cubico de concreto por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

AGREGADO GRUESO =	894.30	kg/m³
--------------------------	---------------	-------------------------

Volumen de Agregados más Cemento sin Arena:

Una vez determinada las proporciones de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Tabla 4. Volumen de Agregados más cemento sin arena:

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN
Volumen del Agua	199	1000	0.199
Volumen del Cemento	438	3120	0.140
Volumen del Agregado grueso	894	2630	0.340
Volumen de aire atrapado	2.50	100	0.025
VOLUMEN SUB-TOTAL		=	0.705

Por tanto, el volumen requerido de la arena seca será de **0.295** m³. y el peso del agregado fino será de:

AGREGADO FINO	759.37	kg/m³
----------------------	---------------	-------------------------

Corrección por Humedad:

De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen porcentaje (%) de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados.

Tabla 5. Corrección por humedad del agregado grueso:

DESCRIPCIÓN	PESOS	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado grueso Húmedo	894	1.008	901.63
Agregado fino Húmedo	759	1.004	762.10

Kg.

Kg.

Corrección por Absorción:

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

Tabla 6. Corrección de absorción de agua efectiva

% DESCRIPCIÓN	PESOS	% ABSORCIÓN	HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado grueso Húmedo	894	0.930	0.820	-0.98
Agregado fino Húmedo	759	0.640	0.360	-2.13

Por tanto, la cantidad de agua a excluirse será de = -3.11 m³

AGUA EFECTIVA =	199.00	202	lt
------------------------	---------------	------------	-----------

Dosificación:

Una vez determinada las cantidades de agua, cemento y agregados presentamos el resumen de dosificación en volumen y peso.

Tabla 7. Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto guía.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M ³ DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M ³ DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	894	2.04	902	2.06
Agregado fino	759	1.73	762	1.74
Aire	2.50		2.50	

Proceso de Diseño de Mezcla Teórico del Concreto con Sustitución de Caucho al 10% del Volumen del Agregado.

Las Características del Caucho Granulado:

Peso unitario Suelto del caucho	491	kg/m ³
---------------------------------	-----	-------------------

Una vez determinada las proporciones del diseño de mezcla de concreto guía se obtuvo el volumen del agregado donde se sustituirá a un 10% del volumen total de los agregados con caucho granulado.

Tabla 8. sustitución del caucho al 10% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	901.63	0.34	10.00%	0.03
Agregado fino	762.10	0.30	10.00%	0.03
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	10.00%	0.06

Tabla 9. sustitución del caucho al 10% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso seco.

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	894.30	0.34	10.00%	0.03
Agregado fino	759.37	0.30	10.00%	0.03
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	10.00%	0.06

Tabla 10. Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 10% de sustitución de caucho granulado.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M3 DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M3 DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	805	1.84	811	1.85
Agregado fino	683	1.56	686	1.56
Caucho Granulado	31	0.07	31	0.07
Aire	2.50		2.50	

Proceso de Diseño de Mezclas Teórico del Concreto con Sustitución de Caucho al 15% del Volumen del Agregado.

Las Características del Caucho Granulado:

En las características del caucho reciclado granulado, se determina la densidad de 491 kg/cm³, el cual se agrega a los adoquines en diferentes porcentajes.

Peso unitario Suelto del caucho	491	kg/m ³
---------------------------------	-----	-------------------

Una vez determinada las proporciones del diseño de mezcla de concreto guía, se obtuvo el volumen del agregado donde se sustituirá a un 15% del volumen total de los agregados con caucho granulado.

Tabla 11. sustitución del caucho al 15% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	901.63	0.34	15.00%	0.05
Agregado fino	762.10	0.30	15.00%	0.04
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	15.00%	0.10

Tabla 12. sustitución del caucho al 15% del volumen del agregado grueso y agregado fino en peso seco.

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	894.30	0.34	15.00%	0.05
Agregado fino	759.37	0.30	15.00%	0.04
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	15.00%	0.10

Tabla 13. Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 15% de sustitución de caucho granulado.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M ³ DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M ³ DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	760	1.73	766	1.75
Agregado fino	645	1.47	648	1.48
Caucho Granulado	47	0.11	47	0.11
Aire	2.50		2.50	

Proceso de Diseño de Mezcla Teórico del Concreto con Sustitución de Caucho al 20% del Volumen del Agregado.

Las Características del Caucho Granulado:

Peso unitario Suelto del caucho	491	kg/m ³
---------------------------------	-----	-------------------

Una vez determinada las proporciones del diseño de mezcla de concreto patrón se obtuvo el volumen del agregado donde se sustituirá a un 20% del volumen total de los agregados con caucho granulado.

Tabla 14. sustitución del caucho al 20% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso húmedo.

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	901.63	0.34	20.00%	0.07
Agregado fino	762.10	0.30	20.00%	0.06
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	20.00%	0.13

Tabla 15. sustitución del caucho al 20% del volumen del agregado fino y agregado grueso en peso seco.

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado grueso	894.30	0.34	20.00%	0.07
Agregado fino	759.37	0.30	20.00%	0.06
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	20.00%	0.13

Tabla 16. Dosificación de materiales para el diseño de mezcla del concreto con 20% de sustitución de caucho granulado.

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M ³ DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M ³ DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	715	1.63	721	1.65
Agregado fino	607	1.39	610	1.39
Caucho Granulado	62	0.14	62	0.14
Aire	2.50		2.50	

Ensayos a Compresión ASTM c 39/c 39m - 05:

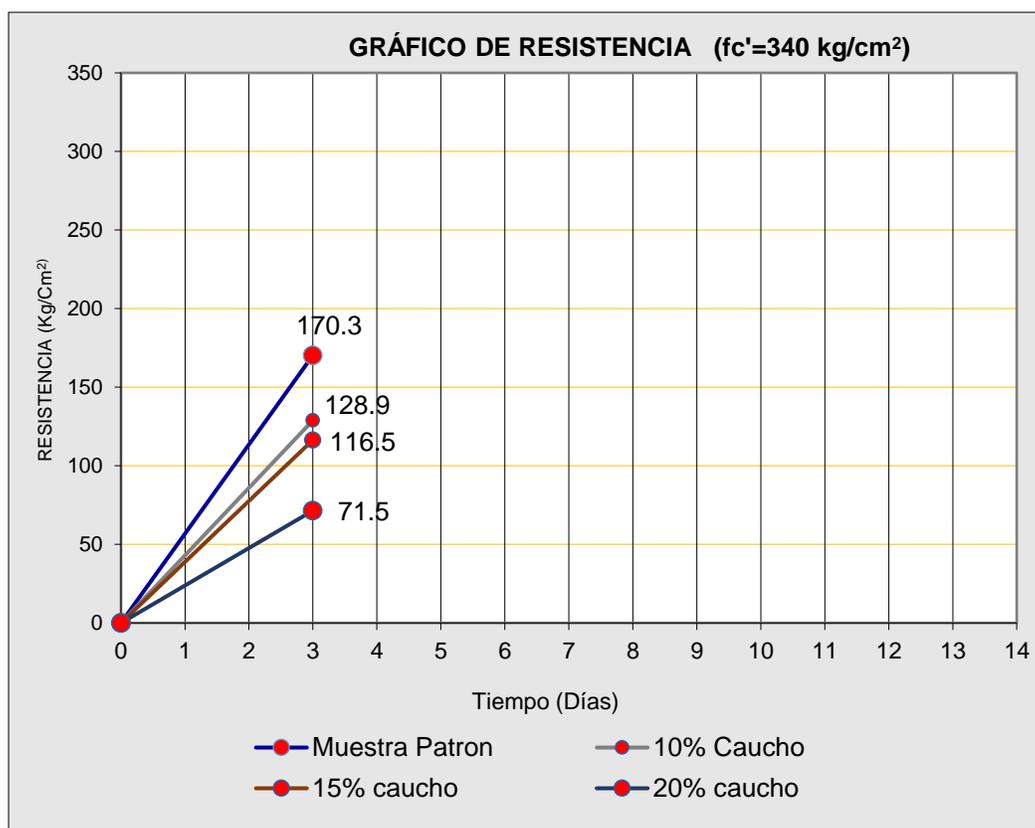
Los ensayos a compresión se desarrollaron en cuatro escenarios: a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días.

Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 3.

Tabla 17. Ensayo de resistencia a compresión simple a los 3 días.

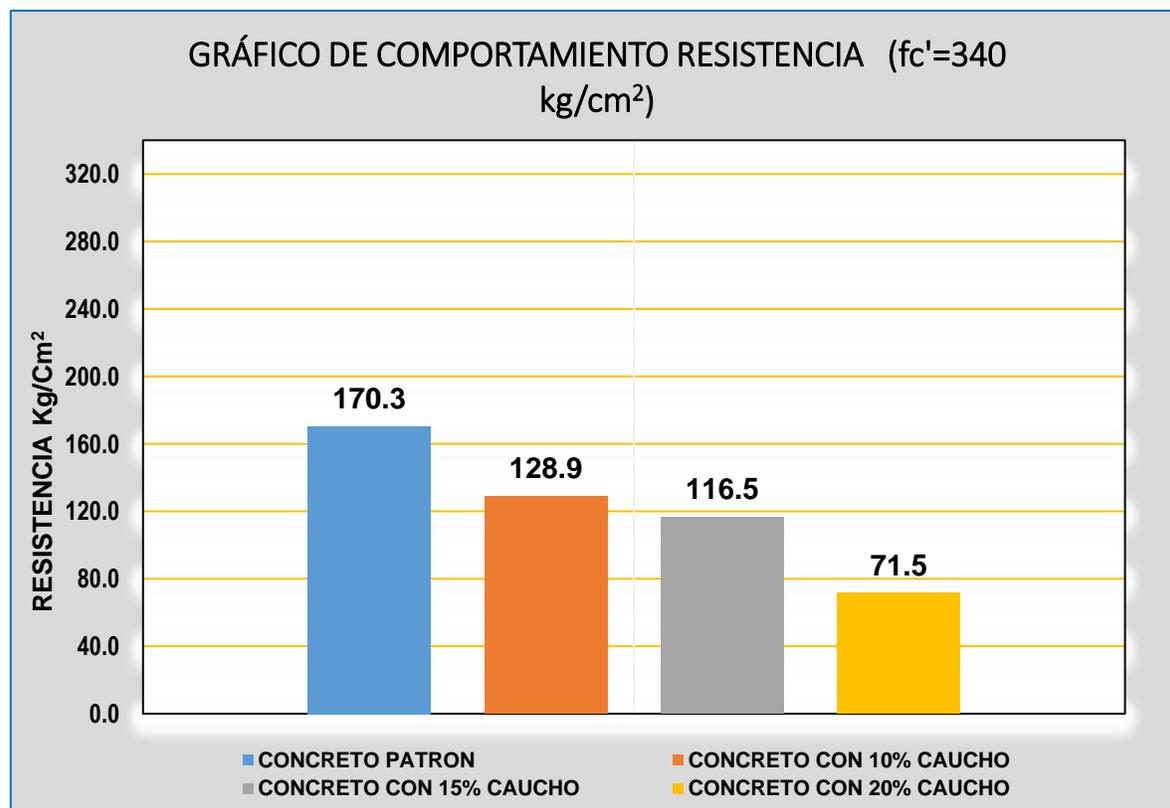
CARACTERISTICAS GENERALES								Resist. Promedio (kg/cm ²) 3 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Longitud	Área	Carga	Resist.		
	Moldeo	Rotura	días	(cm)	(cm ²)	(kg)	(Kg/cm ²)		
P-01	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	36935	184.7	170.3	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	31200	156.0		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	25820	129.1	128.9	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	25745	128.7		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	24180	120.9	116.5	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	22405	112.0		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	14630	73.2	71.5	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	20.0	200.0	13960	69.8		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

Figura 25. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 3 días de edad.



En la figura 25, se muestra los valores determinados del ensayo a la compresión simple del adoquín donde solo está compuesto de concreto patrón o guía, con adición del 10%, 15% y 20% de caucho reciclado, obteniéndose valores mínimos 71.5 kg/cm² hasta 128.9 kg/cm². Donde el valor del adoquín del concreto guía, $f'_c=170.3$ kg/cm², el cual indica que los valores son inferiores al a la resistencia del adoquín guía.

Figura 26. Comportamiento de resistencia a compresión a los 3 días de edad.



en la tabla 17 observamos la resistencia a compresión individual como también observamos la resistencia promedio de los adoquines a los 3 días de curados donde se representa en la figura 23 el desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestras del adoquín, que son el adoquín de concreto patrón, adoquín con 10% de caucho sustituido al volumen de los agregados, adoquín con 15% de caucho sustituido al volumen de los agregados y adoquín con 20% de caucho sustituido al volumen de los agregados.

En la figura 26 se observa el comportamiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestra de adoquín donde la muestra de adoquín de concreto guía tiene un $f'_c=170.30$ kg/cm², el adoquín de concreto con sustitución al 10% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da un f'_c promedia a la compresión de 128.90 kg/cm² dando un resultado del 24.32% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía, el adoquín de concreto con sustitución al 15% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da un f'_c promedia de 116.50 kg/cm² dando un resultado del 31.63% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía y el adoquín de concreto con sustitución al 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da un f'_c promedia de 71.50 kg/cm² dando un resultado del 58.04% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía.

Por lo que determinamos que el ensayo de la resistencia a compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación significativa con respecto al adoquín de concreto guía.

Resistencia a la Tensión de los Adoquines a los 3 días de edad:

La resistencia a tensión se determinará por compresión donde las normas del NTC y ACI 318 nos presenta las siguientes ecuaciones:

Figura 27. Ecuaciones presentadas por la norma NTC y ACI 318

Reglamento	Tensión por flexión f_f		Tensión por compresión f_t	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
NTC	$f_f = 2\sqrt{f'_c}$	$f_f = 1.4\sqrt{f'_c}$	$f_t = 1.5\sqrt{f'_c}$	$f_t = 1.2\sqrt{f'_c}$
ACI	$f_r = 2\sqrt{f'_c}$		$f_t = 1.8\sqrt{f'_c}$	

Fuente: Recuperado de “Moreno, Solis, Varela y Gómez” resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción.

Tabla 18. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 3 días de edad.

CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Tensión Promedio (kg/cm ²) 3 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Carga	Resist.	Tensión		
		Moldeo	Rotura	días	(kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	
P-01	07-Set-21	10-Set-21	3	36935	184.7	24.5	23.5	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	10-Set-21	3	31200	156.0	22.5		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	25820	129.1	20.5	20.4	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	25745	128.7	20.4		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	24180	120.9	19.8	19.4	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	22405	112.0	19.1		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	10-Set-21	3	14630	73.2	15.4	15.2	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	10-Set-21	3	13960	69.8	15.0		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

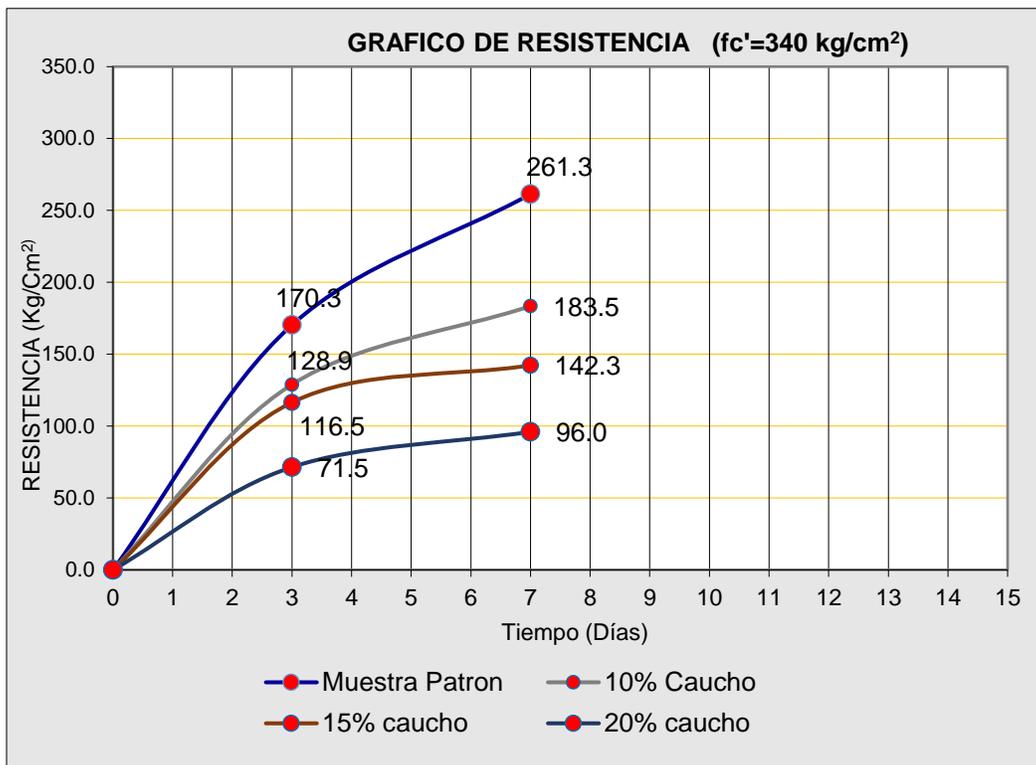
Por lo que determinamos que la resistencia a la tensión por compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto guía.

Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 7.

Tabla 19. Ensayo de resistencia a compresión simple a los 7 días de edad.

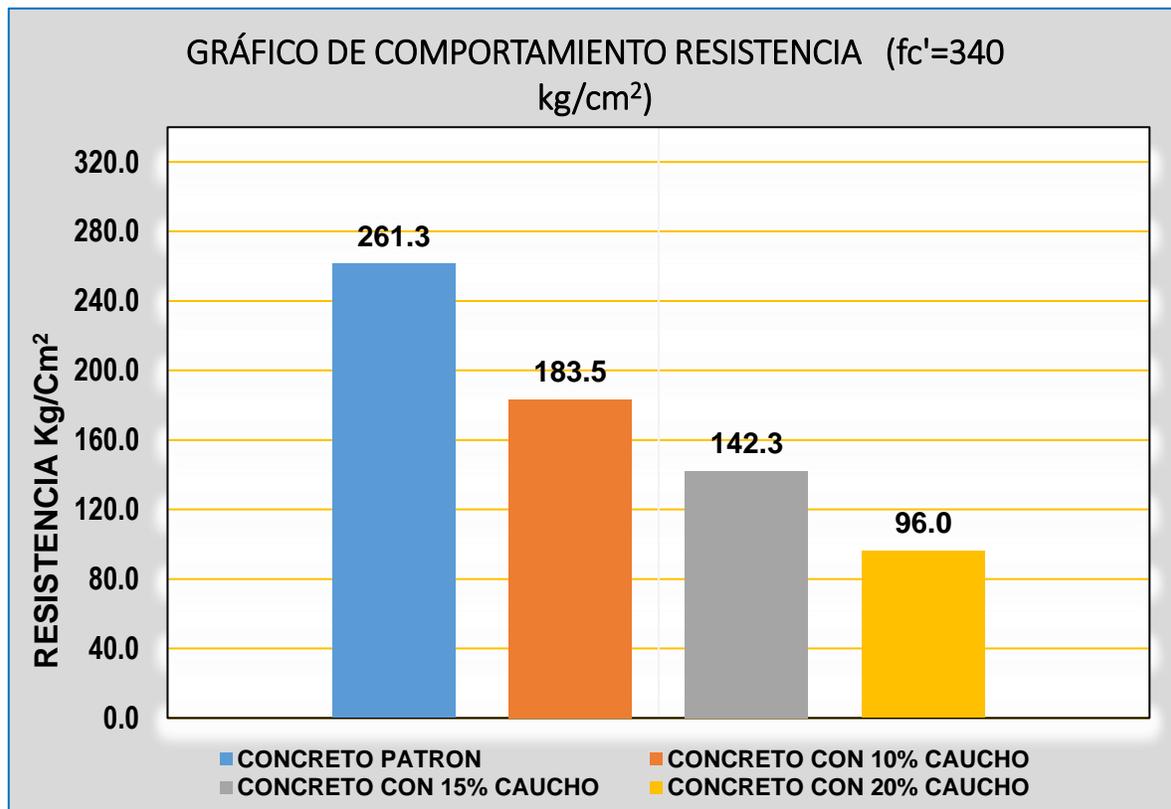
CARACTERISTICAS GENERALES								Resist. Promedio (kg/cm ²) 7 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Longitud	Area	Carga	Resist.		
		Moldeo	Rotura	días	(cm)	(cm ²)	(kg)	(Kg/cm ²)	
P-01	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	57520	287.6	261.3	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	47010	235.1		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	39630	198.2	183.5	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	33750	168.8		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	26975	134.9	142.3	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	29940	149.7		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	19470	97.4	96.0	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	20.0	200.0	18940	94.7		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

Figura 28. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 7 días de edad.



En la figura 28, se muestra los valores determinados del ensayo a la compresión simple del adoquín donde solo está compuesto de concreto patrón o guía, con adición del 10%, 15% y 20% de caucho reciclado, obteniéndose valores mínimos 96.0 kg/cm² hasta 183.5 kg/cm². Donde el valor del adoquín del concreto guía, de resistencia es de 261.3 kg/cm², el cual indica que los valores son inferiores a la resistencia del adoquín guía

Figura 29. Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días de edad.



en la tabla 19 observamos la resistencia a la compresión individual como también observamos la resistencia promedio de los adoquines a los 7 días de curados donde se representa en la figura 28 el desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestras del adoquín, que son el adoquín de concreto patrón, adoquín con 10% de caucho sustituido al volumen de los agregados, adoquín con 15% de caucho sustituido al volumen de los agregados y adoquín con 20% de caucho sustituido al volumen de los agregados.

En la figura 29 se observa el comportamiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestra de adoquín donde la muestra de adoquín de concreto patrón tiene un $f'c$ promedio de 261.30 kg/cm², el adoquín de concreto con sustitución al 10% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una $f'c$ promedio de 183.50 kg/cm² dando un resultado del 29.80% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía, el adoquín de concreto con sustitución al 15% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia

promedia a la compresión de 142.30 kg/cm² dando un resultado del 45.55% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía y el adoquín de concreto con sustitución al 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedia a la compresión de 96.00 kg/cm² dando un resultado del 63.25% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía.

Por lo que determinamos que el ensayo de la resistencia a la compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación significativa con respecto al adoquín de concreto patrón.

Resistencia a la Tensión de los Adoquines a los 7 días de edad:

La resistencia a tensión se determinará por compresión donde las normas del NTC y ACI 318 nos presenta las siguientes ecuaciones mostrados en la figura 27:

Tabla 20. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 7 días de edad.

CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Tensión Promedio (kg/cm ²) 7 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad días	Carga (kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Tensión (Kg/cm ²)		
	Moldeo	Rotura						
P-01	07-Set-21	14-Set-21	7	57520	287.6	30.5	29.1	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	14-Set-21	7	47010	235.1	27.6		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	39630	198.2	25.3	24.4	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	33750	168.8	23.4		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	26975	134.9	20.9	21.5	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	29940	149.7	22.0		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	14-Set-21	7	19470	97.4	17.8	17.6	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	14-Set-21	7	18940	94.7	17.5		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

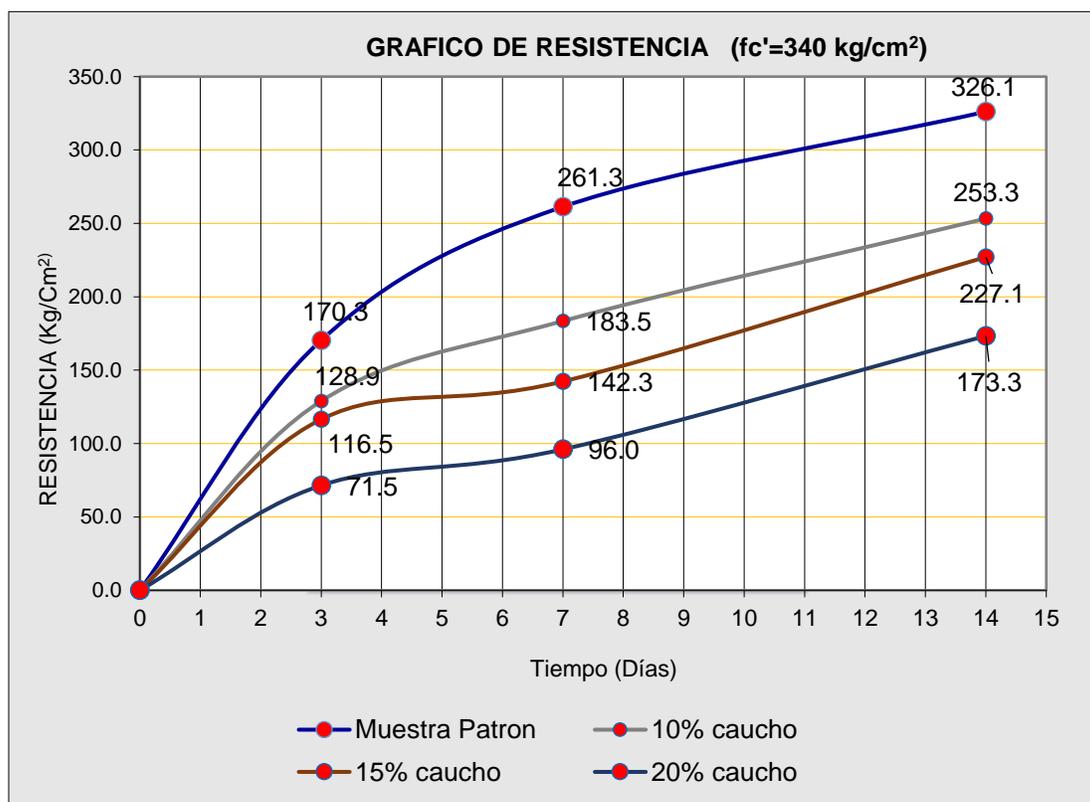
Por lo que determinamos que la resistencia a la tensión por compresión a los 7 días de edad de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto guía.

Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 14.

Tabla 21. Ensayo de la resistencia a compresión simple a los 14 días de edad.

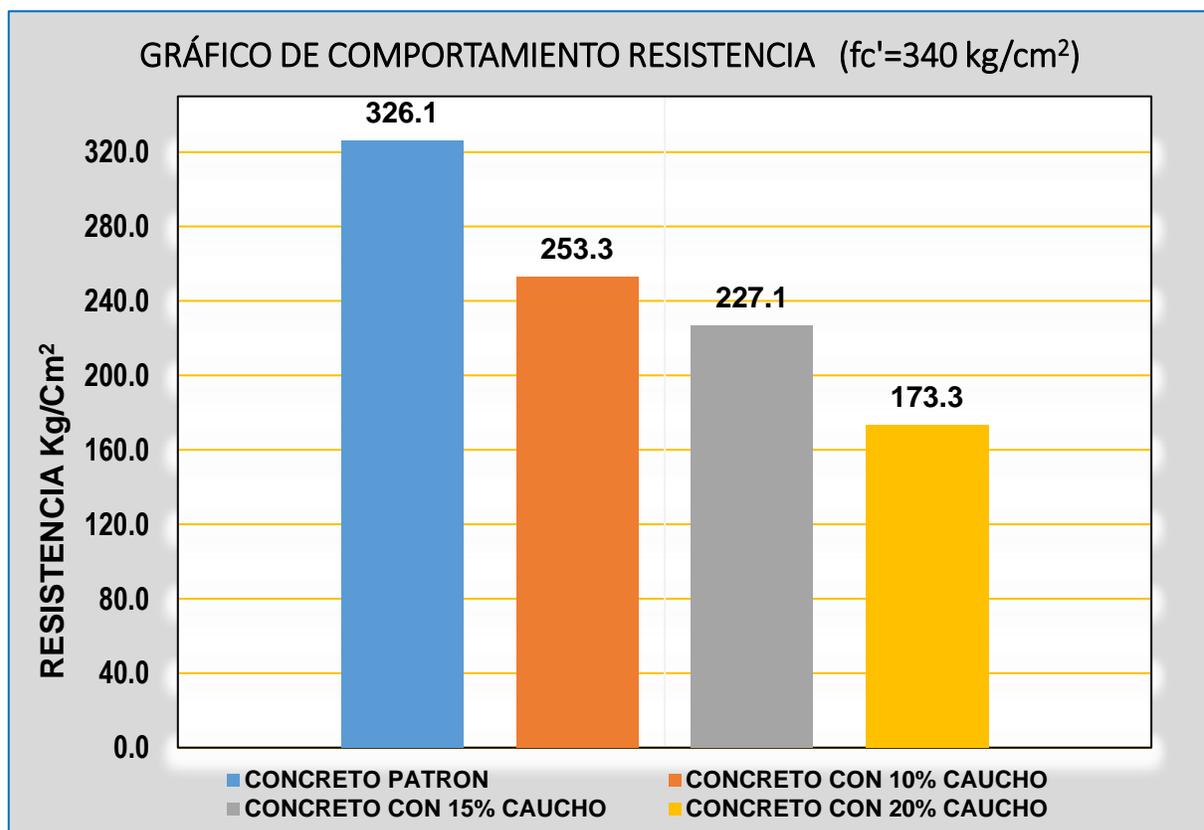
Nº de Cilindros	CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Promedio (kg/cm ²) 14 días	Observación
	Fecha		Edad días	Longitud (cm)	Área (cm ²)	Carga (kg)	Resist. (Kg/cm ²)		
	Moldeo	Rotura							
P-01	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	66480	332.4	326.1	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	63970	319.9		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	52590	263.0	253.3	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	48710	243.6		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	45935	229.7	227.1	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	44900	224.5		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	34430	172.2	173.3	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	20.0	200.0	34900	174.5		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

Figura 30. Desarrollo del comportamiento del comportamiento de la resistencia a compresión simple del concreto a los 14 días de edad.



En la figura 31, se muestra los valores determinados del ensayo a la compresión simple del adoquín donde solo está compuesto de concreto patrón o guía, con adición del 10%, 15% y 20% de caucho reciclado, obteniéndose valores mínimos 173 kg/cm² hasta 253 kg/cm². Donde el valor del adoquín del concreto, de resistencia es de 326.1 kg/cm², el cual indica que los valores son inferiores al a la resistencia del adoquín guía.

Figura 31. Comportamiento de la resistencia a la compresión a los 7 días de edad donde se compara los diferentes porcentajes de adición de caucho reciclado en 10%, 15% y 20%.



En la tabla 21 observamos la resistencia a compresión individual como también observamos la resistencia promedio de los adoquines a los 14 días de curados donde se representa en la figura 30 el desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestras del adoquín, que son el adoquín de concreto patrón, adoquín con 10% de caucho sustituido al volumen de los agregados,

adoquín con 15% de caucho sustituido al volumen de los agregados y adoquín con 20% de caucho sustituido al volumen de los agregados.

En la figura 31 se observa el comportamiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestra de adoquín donde la muestra de adoquín de concreto patrón tiene un $f'c$ promedio de 326.10 kg/cm², el adoquín de concreto con sustitución al 10% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 253.30 kg/cm² dando un resultado del 22.35% menos que la resistencia del adoquín del concreto guía, el adoquín de concreto con sustitución al 15% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 227.10 kg/cm² dando un resultado del 30.37% menos que la resistencia del adoquín de concreto patrón y el adoquín de concreto con sustitución al 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 173.30 kg/cm² dando un resultado del 46.85% menos que la resistencia del adoquín de concreto patrón.

Por lo que determinamos que el ensayo de la resistencia a compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación significativa con respecto al adoquín de concreto guía.

Resistencia a la Tensión de los Adoquines a los 14 días de edad:

La resistencia a tensión se determinará por compresión donde las normas del NTC y ACI 318 nos presenta las siguientes ecuaciones mostrados en la figura 27:

Tabla 22. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 14 días de edad.

CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Tensión Promedio (kg/cm ²) 14 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Carga	Resist.	Tensión		
	Moldeo	Rotura	días	(kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		
P-01	07-Set-21	21-Set-21	14	66480	332.4	32.8	32.5	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	07-Set-21	21-Set-21	14	63970	319.9	32.2		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	52590	263.0	29.2	28.6	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	48710	243.6	28.1		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	45935	229.7	27.3	27.1	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	44900	224.5	27.0		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	07-Set-21	21-Set-21	14	34430	172.2	23.6	23.7	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	07-Set-21	21-Set-21	14	34900	174.5	23.8		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

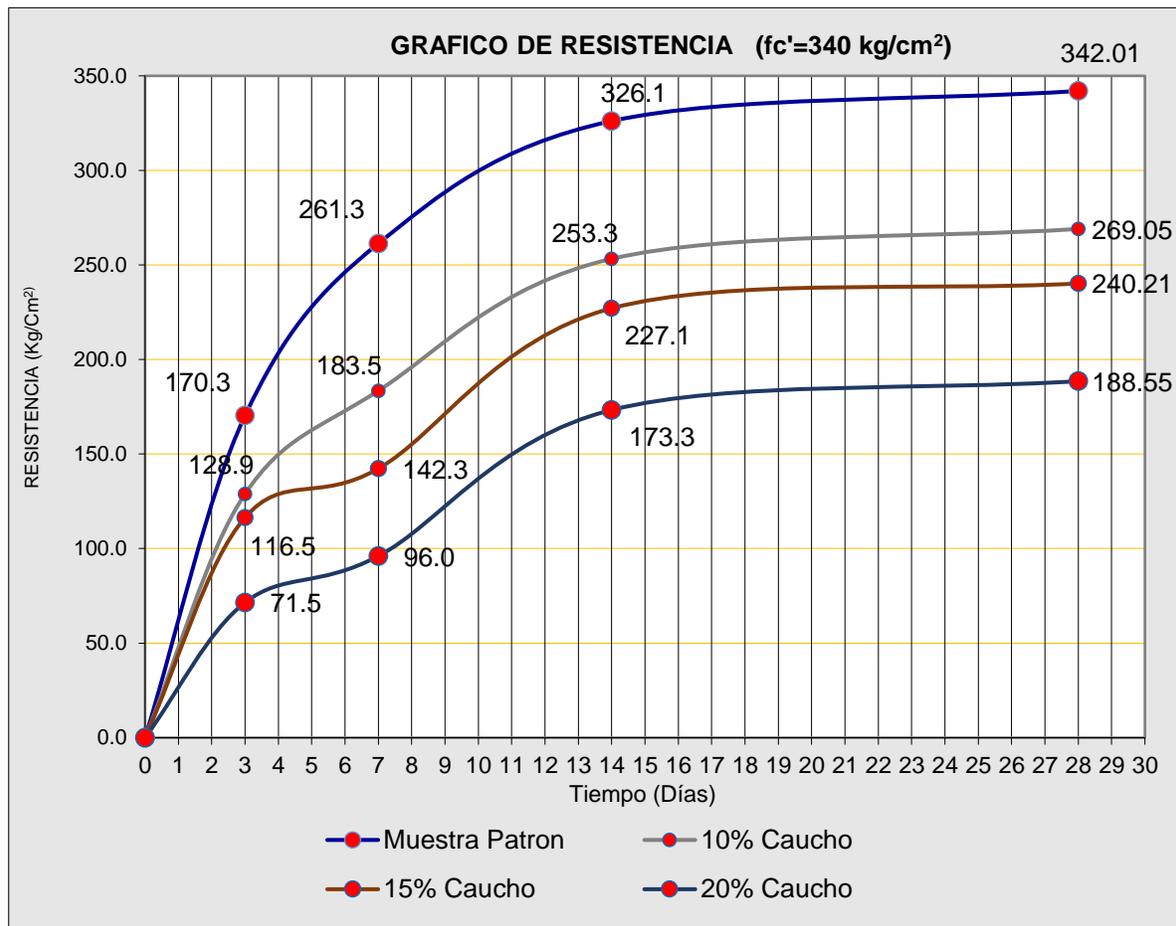
Por lo que se determina que la resistencia a la tensión por compresión a los 7 días de edad de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto guía.

Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 28.

Tabla 23. Ensayo de la resistencia a compresión simple a los 28 días de edad.

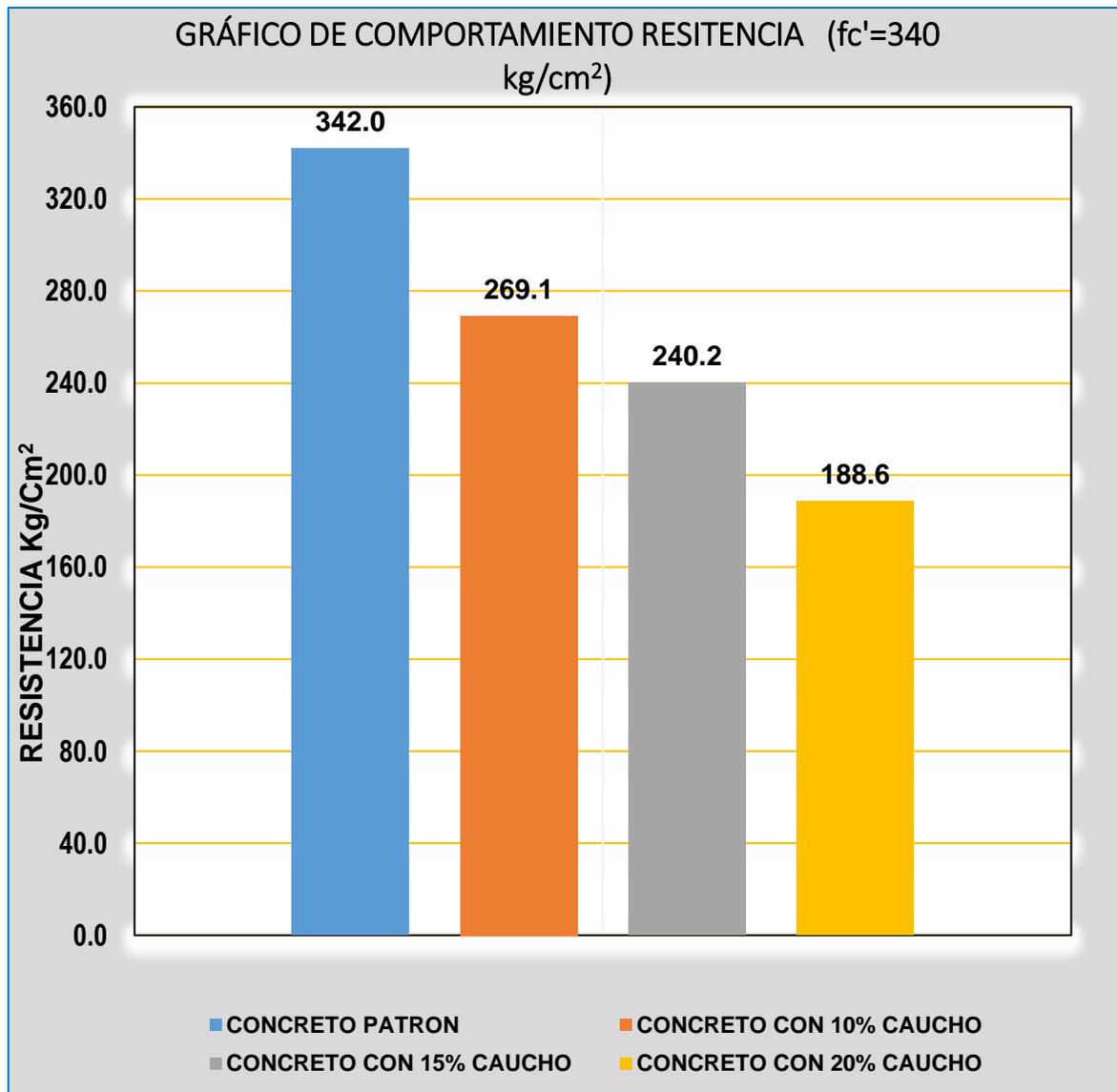
CARACTERISTICAS GENERALES								Resist. Promedio (kg/cm ²) 28 días	Observacion
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Longitud	Area	Carga	Resist.		
	Moldeo	Rotura	días	(cm)	(cm ²)	(kg)	(Kg/cm ²)		
P-01	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	68100	340.5	342.0	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	68705	343.5		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	55320	276.6	269.1	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	52300	261.5		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	49300	246.5	240.2	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	46785	233.9		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	37620	188.1	188.6	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	37800	189.0		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

Figura 32. Desarrollo del comportamiento del comportamiento de resistencia a compresión simple del concreto a los 28 días de edad.



En la figura 32, se muestra los valores determinados del ensayo a la compresión simple del adoquín donde solo está compuesto de concreto patrón o guía, con adición del 10%, 15% y 20% de caucho reciclado, obteniéndose valores mínimos 188 kg/cm² hasta 269 kg/cm². Donde el valor del adoquín del concreto guía, de resistencia es de 342 kg/cm², el cual indica que los valores son inferiores al a la resistencia del adoquín guía.

Figura 33. Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días de edad donde se compara los diferentes porcentajes de adición de caucho reciclado en 10%, 15% y 20%.



En la tabla 23 observamos la resistencia a la compresión individual como también observamos la resistencia promedio de los adoquines a los 28 días de curados donde se representa en la figura 33 el desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestras del adoquín, que son el adoquín de concreto patrón, adoquín con 10% de caucho sustituido al volumen de los agregados, adoquín con 15% de caucho sustituido al volumen de los agregados y adoquín con 20% de caucho sustituido al volumen de los agregados.

En la Figura 33 se observa el comportamiento de la resistencia a compresión de los 4 tipos de muestra de adoquín donde la muestra de adoquín de concreto patrón tiene una resistencia promedio de 342.01 kg/cm², el adoquín de concreto con sustitución al 10% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 269.10 kg/cm² dando un resultado del 21.33% menos que la resistencia del adoquín del concreto guía, el adoquín de concreto con sustitución al 15% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 240.20 kg/cm² dando un resultado del 29.76% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía y el adoquín de concreto con sustitución al 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados nos da una resistencia promedio a la compresión de 188.60 kg/cm² dando un resultado del 44.87% menos que la resistencia del adoquín de concreto guía.

Por lo que determinamos que el ensayo de la resistencia a compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación significativa con respecto al adoquín de concreto guía.

Resistencia a la Tensión de los Adoquines a los 28 días de edad:

La resistencia a tensión se determinará por compresión donde las normas del NTC y ACI 318 nos presenta las siguientes ecuaciones mostrados en la figura 27:

Tabla 24. Resistencia a la tensión por compresión de los adoquines a los 28 días de edad.

CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Tensión Promedio (kg/cm ²) 28 días	Observación
Nº de Cilindros	Fecha		Edad	Carga	Resist.	Tensión		
	Moldeo	Rotura	días	(kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		
P-01	7-Set-21	5-Oct-21	28	68100	340.5	33.2	33.3	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	7-Set-21	5-Oct-21	28	68705	343.5	33.4		CONCRETO CONVENCIONAL
10% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	55320	276.6	29.9	29.5	CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
10% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	52300	261.5	29.1		CONCRETO CON 10% DE CAUCHO
15% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	49300	246.5	28.3	27.9	CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
15% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	46785	233.9	27.5		CONCRETO CON 15% DE CAUCHO
20% -01	7-Set-21	5-Oct-21	28	37620	188.1	24.7	24.7	CONCRETO CON 20% DE CAUCHO
20% -02	7-Set-21	5-Oct-21	28	37800	189.0	24.7		CONCRETO CON 20% DE CAUCHO

Por lo que se determina que la resistencia a la tensión por compresión a los 28 días de edad de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto patrón.

V. DISCUSIÓN

Según en la Investigación realizada por Rey (2018), la resistencia del concreto a la compresión para 10% de caucho se obtiene 364.99 kg/cm² y con 15% de caucho se obtiene 333.57 kg/cm² de donde se demuestra que a mayor porcentaje de caucho la resistencia a la compresión del concreto disminuye, también al comparar con los resultados obtenidos en la presente tesis de investigación para una adición al 10% y 15% de caucho se obtiene a los 28 días 269.05 y 240.21 kg/cm² según la Tabla 24.

Tabla 25. Resistencia la compresión con diferentes porcentajes de caucho y distintas edades del concreto.

Resistencia del Concreto kg/cm²				
Edad del concreto	Porcentaje de Caucho			
	Patrón	10%	15%	20%
3 días	170	128.9	116.5	71.5
7 días	261.3	183.5	142.3	96
14 días	326.1	253.3	227.1	173.3
28 días	342.01	269.05	240.21	188.55

Según Ydrogo (2019), en su investigación determinó la resistencia el concreto a los 28 días con adición de caucho en 5% y 10%, el cual determina para una de las muestras los valores de 279.15 kg/cm² y 141.74 kg/cm², respectivamente. Comparando con los resultados de la presente tesis a los 28 días en porcentaje de caucho de 10% y 15%, resulta 269.05 kg/cm² y 240.21 kg/cm²

Tabla 26. Resistencia a la compresión con diferentes porcentajes de caucho y distintas edades del concreto.

Disminución de la resistencia del concreto				
Edad del concreto	Porcentaje de Caucho			
	Patrón	10%	15%	20%
3 días	170	76%	69%	42%
7 días	261.3	70%	54%	37%
14 días	326.1	78%	70%	53%
28 días	342.01	79%	70%	55%

En la Tabla 26, se muestra la disminución de la resistencia a la compresión del concreto en porcentaje donde la mayor resistencia alcanzada comparando con la resistencia del adoquín patrón es 76%, es decir llega a un 76% de la resistencia a los 3 días con un porcentaje de 10% de caucho y la menor resistencia alcanzada es a los 7 días con un porcentaje de caucho del 20%.

Tabla 27. Resistencia del concreto en diferentes porcentajes de adición de caucho de 10% y 15%.

Resistencia a la compresión del Concreto			
kg/cm²			
Muestras	Patrón	Porcentaje de Caucho	
		10%	20%
Muestra 1	333.24	279.15	141.74
Muestra 2	331.18	268.75	161.76
Muestra 3	323.3	277.31	152.26
Muestra 4	369.31	276.02	125.82
Muestra 5	374.8	288.98	130.25
Muestra 6	364.24	284.99	195.51
Promedio	349.35	279.2	151.22

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. Ydrogo (2019).

Según en la investigación realizada por Ydrogo (2019), se procesó la data para determinar en porcentaje de cuanto alcanza la resistencia a la compresión con adición de caucho al adoquín de 10% y 20% y se obtiene los resultados que se muestra en la Tabla 28, el cual alcanza mayor resistencia en porcentaje, es decir en la primera muestra con 84% con el 10% de adición de caucho y como menor porcentaje se obtiene en la muestra 4 con 35% de resistencia alcanzada

Tabla 28. Resistencia alcanzada al adicionar el caucho al adoquín de concreto

Resistencia del concreto alcanzada con adición de caucho en porcentaje			
Muestras	Patrón	Porcentaje de Caucho	
		10%	20%
Muestra 1	333.24	84%	43%
Muestra 2	331.18	81%	49%
Muestra 3	323.3	86%	47%
Muestra 4	369.31	75%	34%
Muestra 5	374.8	77%	35%
Muestra 6	364.24	78%	54%

Fuente: Facultad de Ingeniería, Universidad Privada del Norte. Ydrogo (2019).

VI. CONCLUSIONES

CG. Los adoquines sustituidos a un 10%, 15%, 20% de caucho granulado al volumen del agregado del concreto con un $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ no cumplen con la resistencia a la compresión dando como resultado a los 14 días de edad en cuanto el adoquín de concreto patrón tiene una resistencia a la compresión 326.10 kg/cm^2 , el adoquín de concreto con 10% de caucho granulado tiene una resistencia a la compresión 253.3 kg/cm^2 , el adoquín de concreto con 15% de caucho granulado tiene una resistencia a la compresión 227.1 kg/cm^2 y el adoquín de concreto con 20% de caucho granulado tiene una resistencia a la compresión 173.30 kg/cm^2 .

CE 1. Los adoquines sustituidos a un 10%, 15%, 20% de caucho granulado al volumen del agregado para la dosificación del concreto con una resistencia 340 kg/cm^2 con respecto al adoquín de concreto convencional tiene un comportamiento de desarrollo de la resistencia a la compresión variado debido a la adherencia entre la pasta, los agregados y el caucho granulado a mayor porcentaje de sustitución de caucho menor es la resistencia a la compresión.

CE 2. Se concluye que los adoquines sustituidos a un 10%, 15%, 20% de caucho granulado al volumen del agregado para el concreto con una resistencia 340 kg/cm^2 no cumplen con la resistencia requerida a comparación del adoquín de concreto patrón.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer investigaciones de sustitución de caucho al volumen de los agregados del concreto para adoquines a un porcentaje menor de un 2% a 5%.

Se recomienda hacer investigaciones de sustitución de caucho granulado al volumen del agregado grueso del concreto para adoquines con el porcentaje investigado.

Se recomienda hacer investigaciones de resistencia al congelamiento y deshielo de los adoquines con porcentajes de caucho granulado.

Se recomienda hacer investigaciones de resistencia a la abrasión de los adoquines con porcentajes de caucho granulado.

REFERENCIAS

- Abanto (2017). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- ASTM. (2010). Práctica normalizada para preparación y curado de especímenes de ensayo de concreto en la Obra. *ASTM International*, 8.
- Ballen & Peña & Zapata (2015). Plan de negocio para la fabricación de adoquines de caucho mediante el reciclaje de neumáticos. *Universidad la Gran Colombia*, 82.
- Barra & Royano (2016). Estudio de propiedades físico mecánicas y durabilidad del hormigón con caucho. *Escola de Camins, UPC BarcelonaTECH*, 77.
- Bastidas & Vinan (2017). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del Hormigón elaborado con partículas de caucho de neumáticos reciclados. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*, 13.
- Castro (2007). *Reutilización, reciclado y disposición final de neumáticos*. Buenos Aires: Departamento de Ingeniería mecánica F.I.U.B.A.
- Chavarri & Falen (2020). *Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de pavimentos urbanos en la ciudad de Lima*. Lima: UPC.
- Chinguel & Flores (2019). *Adición de caucho granulado reciclado para lograr un adecuado comportamiento al esfuerzo de compresión*, Moyobamba, 2019. Lima: UCV.
- German (2019). Adición de caucho de neumáticos reciclados irradiado por rayos gamma para mejorar la resistencia a compresión del concreto, Lima 2019. *Universidad Cesar Vallejo, Facultad de ingeniería*, 241.
- Grinys & Sivilevicius & Dauksys (2012). Tyre rubber additive effect on concrete mixture strength. *Journal of civil engineering and management*, 9.
- Gutierrez & Carballosa & Pacios (2012). Diseño optimizado y caracterización de hormigones autocompactantes reforzados con fibra polimérica de alto módulo. *Congreso iberoamericano sobre hormigones autocompactante avances y oportunidades*, 10.
- Herrero & Lopez & Lozano & Mayor & Hernandez (2019). Análisis experimental de la incorporación de fibras en el comportamiento mecánico de compuestos de escayola-caucho NFU. *Universidad Politécnica de Madrid*, 7.
- INACAL. (2017). Unidades de albanilería. adoquines de concreto para pavimentos. requisitos. *NTP*, 16.
- INACAL. (2018). Agregados. Agregados para concreto. Requisitos. *NTP*, 28.
- INDECOPI. (2006). *Norma Técnica Peruana*. Lima: NTP 339.008.
- Laun & Hallak & Strecker & Christoforo & Paine (2013). Investigation on cementitious composites based on rubber particles waste additions. *SciELO Brazil*, 10.

- Ledezma & Yauri (2018). Diseño de mezclas de concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. *Facultad de Ingeniería Civil Ambiental, Universidad Nacional de Huancavelica*, 112.
- Lopez & Toloza (2019). Aplicación del caucho en el hormigón. *Tesis de título en construcción*, 65.
- Maguina (2019). Caucho reciclado de llantas en la mezcla de asfalto a compresión para mejorar las propiedades mecánicas. *Escuela de Posgrado, Universidad Ricardo Palma*, 133.
- Moreno & Solís & Varela & Gómez (2016). Resistencia a la tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. 11.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras, Especificaciones técnicas generales para construcción*. Lima: MTC.
- MTC. (2018). *Manual de ensayo de materiales*. Lima: Dirección general de caminos y ferrocarriles.
- Munoz, S., Vidaurre, J., Asenjo, J., & Gavidia, R. (2021). Uso del caucho de neumático triturados y aplicados al concreto: una revisión literaria. *Revista de Investigación talentos*, 16.
- Neville (2013). *Tecnología del concreto*. Mexico: Imcyc.
- Pacheco & Shasavandi & Jalali (2011). Tyre rubber wastes based concrete: A review. *Wastes: Solutions, treatments and oportunities*, 7.
- Pacheco & Ticlo (2019). "Evaluación de la resistencia a la compresión y flexión del concreto, adicionando fibras de caucho de neumático reciclados, Lima 2019. Lima: UCV.
- Padhi & Panda (2016). Fresh and hardened properties of rubberized concrete using fine rubber and silpazz. *Advances in concrete construction*, 22.
- Ramos & Eraso (2015). Estudio del comportamiento mecánico del concreto, sustituyendo parcialmente el agregado fino por caucho molido recubierto con polvo calceado. *Pontificia Universidad Javeriana*, 98.
- Rey (2018). Propiedades Físico-mecánicas de adoquines con polipropileno y caucho al 10% y 15% de reemplazo del agregado grueso, para su utilización en tránsito liviano en pavimentos articulado. *Facultad de ingeniería, Universidad Privada del Norte*, 156.
- Roychand & Gravina & Zhuge & Mills (2021). Practical rubber pre-treatment approach for concrete use- an experimental study. *Composites Science*, 17.
- Sampieri & Fernandez & Baptista (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Sanjeev & Ashok & Ravi (2019). Experimental study on the properties of concrete with partial replacement of fine aggregates with waste tyre crumb rubber. *International research journal of engineering and technology (IRJET)*, 8.

- Sayed & Rahman & Jumaah & Mohammad & Faheiman (s.f.). Incorporation of recycled tire products in pavement-grade concrete: an experimental study.
- Segovia & Paco (2020). Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto. *Facultad de Ingeniería y computacion UCSP*, 45.
- Soto & Marin (2019). Analisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales. *Universidad Libre Seccional* , 71.
- Syamir & Shahidan & Radziah & Anting & Syazani (2017). A review on the suitability of rubberized for concrete bridge decks. *Materials science and engineering*, 9.
- UNE. (2007). Aditivos para hormigones, morteros y pastas, hormigon y mortero de referencia para ensayos. *Norma Espanola*, 3.
- Urra (2006). Hormigon con caucho: Determinación del modulo de elasticidad. *Universidad Austral de Chile*, 87.
- Ydrogo & Alva (2019). Resistencia a la compresión del adoquin convencional tipo I f'c = 290 kg/cm², adicionando caucho al 5% y 10% como agregado fino. *Universidad Privada del Norte*, 192.

ANEXOS

Tabla 1. Requerimiento de granulometría del agregado fino

Tamiz	% que pasa
3/8"	100%
Número. 4	95% - 100%
Número. 8	80 % -100%
Número. 16	50% - 85%
Número. 30	25% - 60%
Número. 50	5% - 30%
Número. 100	0% - 10%
Número. 200	0 % a 3 % ,0 A, B

Fuente: Recuperado de INACAL "NTP – 400 – 037" (2018).

Tabla 1. Requerimiento de granulometría para el agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No.50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ 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 No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ 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 ¾ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

Fuente: Recuperado de INACAL “NTP – 400 – 037” (2018)

Tabla 2. Determinación de cantidad de agua.

Agua en Lt/m ³ , para el concreto en función al TMN del agregado								
consistencia	9.5mm	12.5mm	19.0mm	25.0mm	37.5mm	50mm	75mm	150mm
S/AIRE INCORPORADO EN EL CONCRETO								
25mm a 50mm	207	199	190	179	166	154	130	113
75mm a 100mm	228	216	205	193	181	169	145	124
150mm a 175mm	243	228	216	202	190	178	160	
C/AIRE INCORPORADO EN EL CONCRETO								
25mm a 50mm	181	175	168	160	150	142	122	107
75mm a 100mm	202	193	184	175	165	157	133	119
150mm a 175mm	216	205	197	184	174	166	154	--

Fuente: ACI 211.1

Tabla 3. Contenido de Aire Atrapado.

tamaños máx. Nominales del agregado grueso	aire atrapado
9.5mm.	3.0%
12.5mm.	2.5%
19.0mm	2.0%
25.0mm.	1.5%
37.5mm.	1.0%
50.0mm.	0.5%
75.0mm.	0.3%
150.0mm.	0.2%

Fuente: ACI 211.1

Tabla 4. Relación a/c por resistencia.

f _c (kg/cm ²)	concreto sin aire incorporado	Hormigón con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
450	0.38	--

Fuente: ACI 211.1

Tabla 5. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Volumen de agregado grueso, por unidad de volumen del concreto (b/bo)				
D. n. máx. Nominales de agregado grueso	2.4	2.6	2.8	3.0
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211.1

Tabla 6. La Resistencia promedio requerida s/ desviación standard:

RESISTENCIA A COMPRESION PROYECTADA ($f'c$)	RESISTENCIA A COMPRESION REQUERIDA ($f'cr$)
$f'c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \text{ kg/cm}^2 \geq f'c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 84$
$f'c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'cr = f'c + 98$

Fuente: ACI 211.1

Tabla 7. Elección de asentamiento.

Tipo de Estructuras	Revenimiento	
	máximo	mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3 pulg.	1 pulg.
Cimentaciones simples y calzaduras.	3 pulg.	1 pulg.
Vigas y muros armados	4 pulg.	1 pulg.
Columnas	4 pulg.	2 pulg.
Losas y pavimentos	3 pulg.	1 pulg.
Concreto Ciclópeo	2 pulg.	1 pulg.

Fuente: ACI 211.1

Tabla 8. Conformación química de neumáticos (caucho) usados. OFEFP, (2003).

Elemento/Compuesto	Contenido	Unidad
C	70	%
Fe	16	%
H	7	%
O	4	%
Oxido de Zn	1	%
S	1	%
N2	0.5	%
Acido esteárico	0.3	%
Halógenos	0.1	%
Ligandos cupríferos	200	mg/Kg
Cd	10	mg/Kg
Cr	90	mg/Kg
Ni	80	mg/Kg
Pb	50	mg/Kg

Fuente: master UPC de Barcelona

Tabla 9. Tecnologías del reciclado de neumáticos, Asociación Europea de Reciclaje de Neumáticos”, (2006).

Tecnología de reciclado y/o recuperación	Descripción
Tecnologías fuera de los sistemas de reciclado del material	Buffing, recanalado y recauchutado
Tratamientos mecánicos	Proceso mecánico en el cual los neumáticos son comprimidos, cortados o fragmentados en piezas irregulares. Entre ellos se encuentran el troceado (ripping), trituración (cutting)
Tecnologías de reducción de tamaño	Se divide entre la reducción realizado a temperatura ambiente, criogénico y húmedo.
Tecnologías de regeneración	Desvulcanización, recuperación del caucho (reclaiming), modificación superficial, modificación biológica.
Otras tecnologías	Pirolisis - Termólisis

Tabla 10. Tipo de adoquines y el uso que se logra.

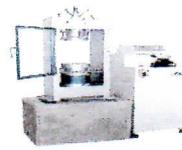
Tipo	Uso
I	Peatonal
II	Vehicular ligero
III	Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores

Fuente: Recuperado de INACAL “NTP 399.611” (2017)

Tabla 11. Tipo de adoquín y su resistencia a la compresión según la NTP 399.611.

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I	40	320	290
(Peatonal)	60	320	290
II	60	420	380
(Vehicular ligero)	80	380	340
	100	360	325
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	561	510

Fuente: Recuperado de INACAL “NTP 399.611” (2017)

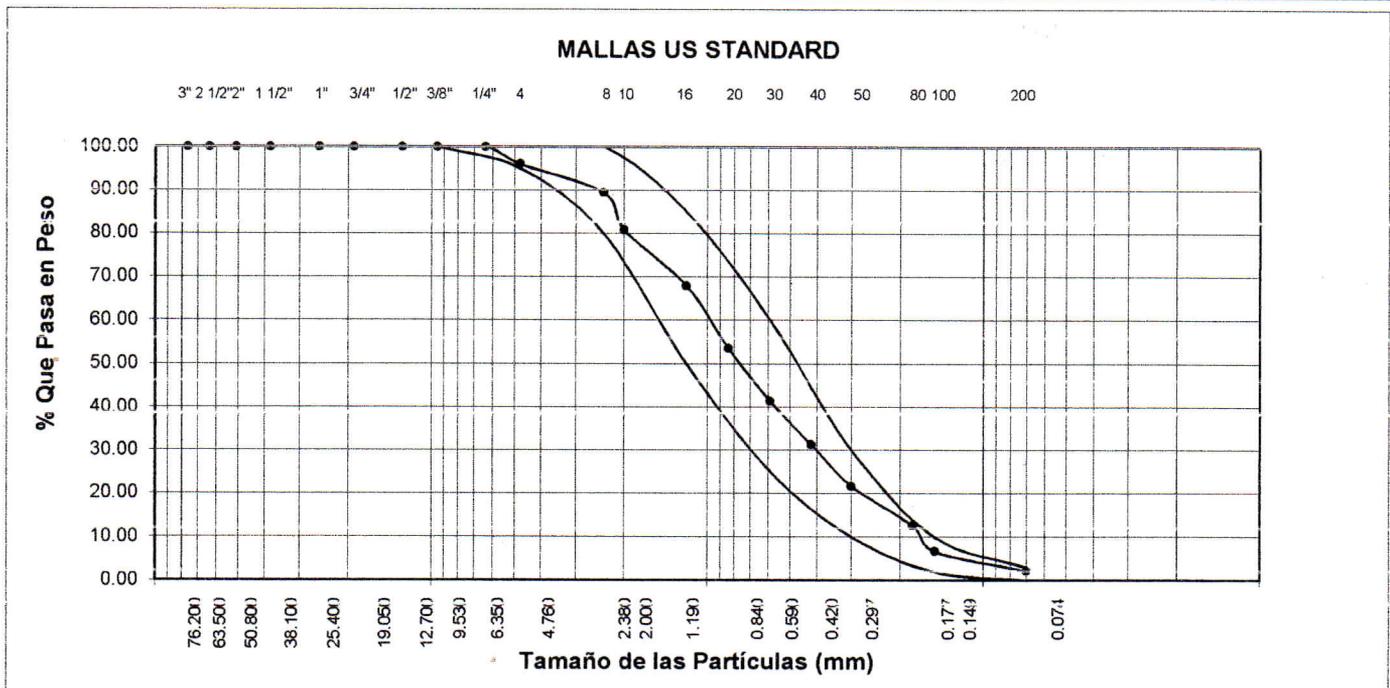


ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NTP 400.012-2001 / ASTM C 33

SOLICITA : CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
FECHA : 31/08/2021

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	76.20						AGREGADO FINO
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						L.L. :
1/2"	12.70						L.P. :
3/8"	9.53					100	I.P. :
1/4"	6.35	---	---	---	100.00		CLASIFICACION
Nº 04	4.76	7.56	3.95	3.95	96.05	95 - 100	AASHTO :
Nº 08	2.36	12.69	6.63	10.57	89.43	80 - 100	Módulo de Fineza: 2.77
Nº 10	2.00	16.52	8.63	19.20	80.80		
Nº 16	1.19	24.63	12.86	32.06	67.94	50 - 85	OBSERVACIONES:
Nº 20	0.84	27.41	14.31	46.37	53.63		MATERIAL PARA FABRICACION
Nº 30	0.59	23.36	12.20	58.57	41.43	25 - 60	DE CONCRETO
Nº 40	0.42	19.22	10.04	68.61	31.39		
Nº 50	0.30	18.58	9.70	78.31	21.69	10 - 30	CANTERA: TRES TOMAS
Nº 80	0.18	17.46	9.12	87.43	12.57		ARENA NATURAL ZARANDEADA
Nº 100	0.15	11.28	5.89	93.32	6.68	2 - 10	
Nº 200	0.07	8.58	4.48	97.80	2.20	0 - 3	
<Nº 200		4.22	2.20	100.00	0.00		
Peso Inicial		191.51					



EGEL-LG-468-GAF-21

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Juan Cuen Martínez
INGENIERO CIVIL
RPM 119339

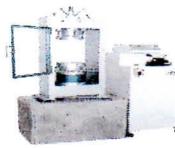


EGEL

Estudios Geotécnicos y Ensayos de Laboratorios E.I.R.L.

reccion Av. Augusto B. Leguía Nro 1001 - Ferreñafe y/o Ca. Los Eucaliptos Mz. H - Lte. 6 -

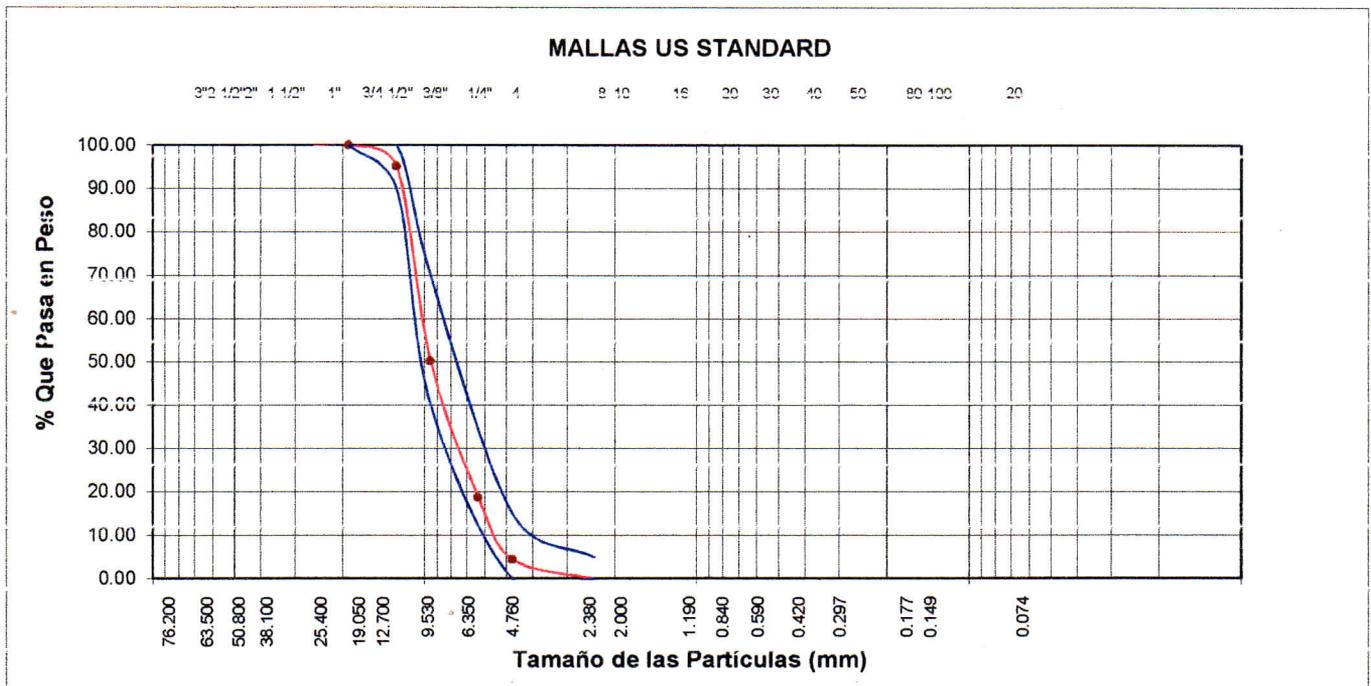
Molina - Sector II - Zona A - Piura - Telefono 074-583735 - Cel. 978175500 - Rpm * 789102



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP. 400-012 - ASTM C136 TAMAÑO MAXIMO 1/2"

SOLICITA : CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
FECHA : 31/08/2021

Abertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg.	mm.						
3"	76.20						AGREGADO GRUESO
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						L.L. :
3/4"	19.05	---	---	---	100.00	100	L.P. :
1/2"	12.70	122.00	4.88	4.88	95.12	90 - 100	I.P. :
3/8"	9.53	1122.00	44.90	49.78	50.22	40 - 70	CLASIFICACION
1/4"	6.35	787.00	31.49	81.27	18.73		AASHTO :
Nº 04	4.76	356.00	14.25	95.52	4.48	0 - 15	
Nº 08	2.38	112.00	4.48	100.00	0.00	0 - 5	
Nº 10	2.00						
Nº 16	1.19						OBSERVACIONES:
Nº 20	0.84						FABRICACION DE CONCRETO
Nº 30	0.59						DE CONCRETO
Nº 40	0.42						CANTERA:
Nº 50	0.30						TRES TOMAS - PIEDRA CHANCADA
Nº 80	0.18						DE 1/2"
Nº 100	0.15						
Nº 200	0.07						
<Nº 200							
Peso Inicial		2499.00					



ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Arrunategui Brown
LABORATORISTA

EGEL-LG-255-GAA-2021

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Juan Lluen Martinez
INGENIERO CIVIL
Nº CIP 112332



HUMEDAD NATURAL

ASTM D-2216

SOLICITANTE : CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL

PROYECTO EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO

FECHA : 31/08/2021

CANTERA	Tres Tomas	Tres Tomas		
MATERIAL (m)	Piedra Chancada	Arena Gruesa		
Nº Recipiente	5	85		
1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente	323.36	254.26		
2- Peso Suelo Seco + Recipiente	321.07	253.40		
3- Peso del Agua	2.29	0.86		
4- Peso Recipiente	42.35	15.69		
5- Peso Suelo Seco	278.72	237.71		
6- Porcentaje de Humedad	0.82%	0.36%		

HUMEDAD NATURAL

SECTOR				
CALICATA				
MUESTRA				
Profundidad (m)				
Nº Recipiente				
1- Peso Suelo Húmedo + Recipiente				
2- Peso Suelo Seco + Recipiente				
3- Peso del Agua				
4- Peso Recipiente				
5- Peso Suelo Seco				
6- Porcentaje de Humedad				

EGEL-HN-857-2021

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Juan Luen Martinez
INGENIERO CIVIL
M.E.G. CIP 112332



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS

MTC - E - 206

SOLICITA CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL

PROYECTO EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO

CANTERA : TRES TOMAS

FECHA : 31/08/2021

MUESTRA: PIEDRA Y ARENA

USO: CONCRETO

PESO ESPECIFICO BULK AGREGADO GRUESO (ASTM C - 128)

		1	2	3
A	PESO MUESTRA SECA AL HORNO	1553.40		
B	PESO MUESTRA S. S. S. SIN SUMERGIR	1567.80		
C	PESO MUESTRA S. S. S. SUMERGIDA	971.00		
	PESO ESPECIFICO APARENTE = $\frac{A}{A-C}$	2.667		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA = $\frac{A}{B-C}$	2.603		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA S.S.S = $\frac{B}{B-C}$	2.63		
	ABSORCION DE AGUA EN PORCENTAJE = $\frac{B-A}{A} \times 100$	0.92		

Observaciones :

PESO ESPECIFICO BULK AGREGADO FINO (ASTM C - 128)

		1	2	3
	PICNOMETRO Nº	1.0		
	TEMPERATURA °C			
A	PESO EN gr. DE MUESTRA SECA AL HORNO	1026.20		
B	PESO EN gr. DE MUESTRA S. S. S.	1032.80		
X	PESO EN gr. DE PICNOMETRO + H ₂ O + AGREGADO	1187.00		
F	PESO EN gr. DE PICNOMETRO + H ₂ O	556.63		
	PESO ESPECIFICO APARENTE = $\frac{A}{A-(X-F)}$	2.593		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA = $\frac{A}{B-(X-F)}$	2.550		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE S.S.S = $\frac{B}{B-(X-F)}$	2.57		
	ABSORCION DE AGUA EN PORCENTAJE = $\frac{B-A}{A} \times 100$	0.64		

Observaciones :

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Juan Lluís Martínez
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 119332



PESO VOLUMETRICO

SOLICITA : CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
CANTERA : TRES TOMAS
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 31/08/2021
CERTIFICADO : EGEL-121-PV-21

PESO POR METRO CUBICO SUELTO

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
9996	6700	3296	2141	1539	
9969	6700	3269	2141	1527	
					1533

PESO POR METRO CUBICO COMPACTADO

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
9908	6275	3633	2110	1722	
9921	6275	3646	2110	1728	
					1725

OBSERVACIONES : _____

EGEL-121-PV-21

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Taine Miguel Arrunategui Brown
LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.

Juan Lluen Martinez
INGENIERO CIVIL
REG CIP 112332



PESO VOLUMETRICO

ASTM C 29

SOLICITANTE	: CANALES QUILCA ADBEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAUL
PROYECTO	: EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
CANTERA	: TRES TOMAS
MUESTRA	: PIEDRA CHANCADA
FECHA	: 31/08/2021
CERTIFICADO	: EGEL-137-PV-21

PESO POR METRO CUBICO SUELTO

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
9782	6700	3082	2141	1440	
9796	6700	3096	2141	1446	
					1443

PESO POR METRO CUBICO COMPACTADO

PESO MOLDE + MATERIAL	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MATERIAL	VOLUMEN DEL MOLDE	PESO X M ³	PROMEDIO
10175	6700	3475	2141	1623	
10188	6700	3488	2141	1629	
					1626

OBSERVACIONES : _____

EGEL-137-PV-21

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Taine Miguel Arrunategui Brown
 LABORATORISTA

ESTUDIOS GEOTECNICOS Y
 ENSAYOS DE LABORATORIOS E.I.R.L.
 Juan Lluen Martinez
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP 112332

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2	Fecha	03-09-2021
		Página	1 de 4

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Adbel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
 Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLAS TEORICO DEL CONCRETO CONVENCIONAL

El requerimiento unitario de resistencia a la compresión proyectada es de $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días por lo tanto la resistencia promedio requerida $f'cr = 424 \text{ kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de $s = 2''$ a $1''$ (50.8 mm a 25.4 mm)

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones.

Cuya graduación para el tamaño máximo nominal es **T.M.N.** $1/2''$ (12.70 mm).

Además se indica las características de los agregados definidos con los ensayos realizados en laboratorio, realizadas previamente y las características del cemento a utilizar:

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO:

CEMENTO PORTLAND PACASMAYO TIPO I

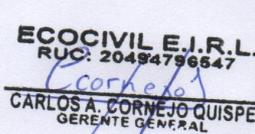
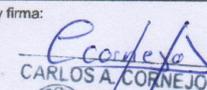
Peso Especifico	3.12	gr/cm3
-----------------	------	--------

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS:

ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Gravedad específica (SSD)	---	2.63	2.57
TMN	in	1/2	---
MF	%	---	2.77
Humedad	%	0.82	0.36
Absorción	%	0.93	0.64
PUC	kg/m ³	1626	1725
PUS	kg/m ³	1443	1533

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- Según las especificaciones el concreto, tendrá un asentamiento de $2''$ a $1''$ (76.2 mm a 25.4 mm)

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796647 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL C/P. 108787



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

$f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 2 de 4

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abbel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abbel Canales
Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

2.- El agregado grueso posee un tamaño máximo nominal de T.M.N. $1/2''$ (12.70 mm).

3.- CONTENIDO DE AGUA

Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesto a intemperismo, la cantidad de agua de mezclado que se empleara para producir el asentamiento será de:

AGUA = 199.00 lt/m^3

4.- CONTENIDO DE AIRE

Como el concreto no estará sometido a interperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

AIRE = 2.50 %

5.- RELACION AGUA CEMENTO

Como se prevé el concreto es sin aire incorporado, entonces la relación agua/cemento (A/C) será de:

A/C = 0.45

6.- CONTENIDO DE CEMENTO

De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 5 el requerimiento de cemento será de:

CEMENTO (3/5) = 438.33 kg/m^3

7.- AGREGADO GUESO POR EL METODO DEL ACI 211

De acuerdo al modulo de fineza del agregado fino = 2.77 el peso específico unitario del agregado grueso varillado - compactado es de 1626 kg/m^3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de $1/2''$ (12.70 mm). se recomienda el uso de 0.55 m^3 de agregado grueso por metro cubico de concreto por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

AGREGADO GRUESO = 894.30 kg/m^3

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 <i>(Carnejo)</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPÉ GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: <i>(Carnejo)</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPÉ INGENIERO CIVIL CIP. 108787



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

f'c = 340 kg/cm2

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 3 de 4

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

8.- VOLUMEN DE AGREGADOS MAS CEMENTO SIN ARENA

Una vez determinada las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinado y considerando el contenido aproximado de aire atrapado. Se puede calcular el contenido de arena como sigue.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN
Volumen Absoluto del Agua	199	1000	0.199
Volumen Absoluto del Cemento	438	3120	0.140
Volumen Absoluto del Agregado grueso	894	2630	0.340
Volumen de aire atrapado	2.50	100	0.025
VOLUMN SUT-TOTAL		=	0.705

VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:

Por tanto el volumen requerido de la arena será seca será de = **0.295** m3 y el peso del agregado fino ser de:

AGREGADO FINO	759.37	kg/m³
----------------------	---------------	-------------------------

9.- CORRECCION POR HUMEDAD

De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen porcentaje (%) de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados.

DESCRIPCION	PESOS	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	1.008	901.63
Agregado Fino Húmedo	759	1.004	762.10

10.- CORRECCION POR ABSORCION

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua . De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

DESCRIPCION	PESOS	% ABSORCION	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	0.930	0.820	-0.98
Agregado Fino Húmedo	759	0.640	0.360	-2.13

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2	Fecha	03-09-2021
		Página	4 de 4

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

AGUA EFECTIVA

Por tanto la cantidad de agua a excluirse será de = -3.110 m3

AGUA EFECTIVA =	199.00	202	lt
-----------------	--------	-----	----

DOSIFICACION:

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M3 DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M3 DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	894	2.04	902	2.06
Agregado fino	759	1.73	762	1.74
Aire	2.50		2.50	

10.31 BOLSAS / m3 DE CONCRETO

DOSIFICACION EN PESO (Kg)

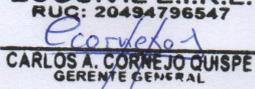
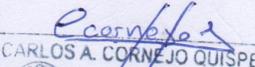
Cemento	42.50	Kg
Agua	19.60	Kg
Agregado grueso	87.42	Kg
Agregado fino	73.89	Kg

DOSIFICACION POR VOLUMEN (para un metro cubico)

bolsa de Cemento	0.14	m3
Agua	0.20	m3
Agregado grueso	0.34	m3
Agregado fino	0.30	m3

1.0

RECOMENDACIONES : El presente diseño de mezcla es teórico según ACI 211.1-91-R 09 y requiere comprobación experimental a los 3, 7, 14 y/o 28 días, para el diseño por asentamiento, resistencia y rendimiento.

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma: 	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ c/ 10% Caucho Granulado

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 1 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLAS TEORICO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE CAUCHO AL 10% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO

El requerimiento unitario de resistencia a la compresión proyectada es de $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días
por lo tanto la resistencia promedio requerida $f'cr = 424 \text{ kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de $s = 2''$ a $1''$ (50.8 mm a 25.4 mm)

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones.

Cuya graduación para el tamaño máximo nominal es **T.M.N.** $1/2''$ (12.70 mm).

Además se indica las características de los agregados definidos con los ensayos realizados en laboratorio, realizadas previamente y las características del cemento a utilizar:

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO Y DEL CAUCHO:**CEMENTO PORTLAND PACASNAYO TIPO I**

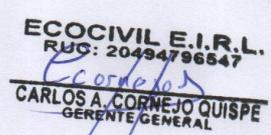
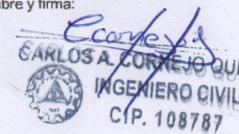
Peso Especifico	3.12	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto del caucho	491	kg/m ³

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS:

ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Gravedad específica (SSD)	---	2.63	2.57
TMN	in	1/2	---
MF	%	---	2.77
Humedad	%	0.82	0.36
Absorción	%	0.93	0.64
PUC	kg/m ³	1626	1725
PUS	kg/m ³	1443	1533

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- Según las especificaciones el concreto, tendrá un asentamiento de $2''$ a $1''$ (76.2 mm a 25.4 mm)

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2 \text{ c/ } 10\% \text{ Caucho Granulado}$

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 2 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

2.- El agregado grueso posee un tamaño máximo nominal de T.M.N. 1/2" (12.70 mm).

3.- CONTENIDO DE AGUA

Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesto a intemperismo, la cantidad de agua de mezclado que se empleara para producir el asentamiento será de:

AGUA =	199.00	lt/m ³
--------	--------	-------------------

4.- CONTENIDO DE AIRE

Como el concreto no estará sometido a interperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

AIRE =	2.50	%
--------	------	---

5.- RELACION AGUA CEMENTO

Como se prevé el concreto es sin aire incorporado, entonces la relación agua/cemento (A/C) será de:

A/C =	0.45
-------	------

6.- CONTENIDO DE CEMENTO

De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 5 el requerimiento de cemento será de:

CEMENTO (3/5) =	438.33	kg/m ³
-----------------	--------	-------------------

7.- AGREGADO GUESO POR EL METODO DEL ACI 211

De acuerdo al modulo de fineza del agregado fino = 2.77 el peso especifico unitario del agregado grueso varillado - compactado es de 1626 kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 0 0 se recomienda el uso de 0.55 m³ de agregado grueso por metro cubico de concreto por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

AGREGADO GRUESO =	894.30	kg/m ³
-------------------	--------	-------------------

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 10% Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	3 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Adbel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

8.- VOLUMEN DE AGREGADOS MAS CEMENTO SIN ARENA

Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinado y considerando el contenido aproximado de aire atrapado. Se puede calcular el contenido de arena como sigue.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN
Volumen Absoluto del Agua	199	1000	0.199
Volumen Absoluto del Cemento	438	3120	0.140
Volumen Absoluto del Agregado grueso	894	2630	0.340
Volumen de aire atrapado	2.50	100	0.025
VOLUMEN SUT-TOTAL		=	0.705

VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:

Por tanto el peso requerido de la arena seca será de = 0.295 m3

AGREGADO FINO	759.37	kg/m ³
----------------------	--------	-------------------

9.- CORRECCION POR HUMEDAD

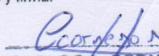
De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen porcentaje (%) de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados.

DESCRIPCION	PESOS	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	1.008	901.63
Agregado Fino Húmedo	759	1.004	762.10

10.- CORRECCION POR ABSORCION

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

DESCRIPCION	PESOS	% ABSORCION	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	0.930	0.820	-0.98
Agregado Fino Húmedo	759	0.640	0.360	-2.13

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2 \text{ c/ } 10\% \text{ Caucho Granulado}$

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 4 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

AGUA EFECTIVA

Por tanto la cantidad de agua a excluirse será de = -3.110 m3

AGUA EFECTIVA =	199.00	202	lt
-----------------	--------	-----	----

11.- SUSTITUCIÓN DEL CAUCHO AL 10% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO**SUSTITUCION EN PESO HUMEDO**

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	901.63	0.34	10.00%	0.03
Agregado Fino	762.10	0.30	10.00%	0.03
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	10.00%	0.06

SUSTITUCION EN PESO SECO

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	894.30	0.34	10.00%	0.03
Agregado Fino	759.37	0.30	10.00%	0.03
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	10.00%	0.06

12.- PESOS EFECTIVOS DEL AGREGADO FINO, AGREGADO GRUESO Y CAUCHO GRANULADO**PESO HUMEDO**

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO
Agregado Grueso	0.31	811.47 Kg
Agregado Fino	0.27	685.89 Kg
Caucho Granulado	0.06	31.393 Kg

PESO SECO

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO
Agregado Grueso	0.31	804.87 Kg
Agregado Fino	0.27	683.43 Kg
Caucho Granulado	0.06	31.204 Kg

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2 \text{ c/ 10\% Caucho Granulado}$

Código	DMC-CCQ-001
Versión	01
Fecha	03-09-2021
Página	5 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

DOSIFICACION:

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M3 DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M3 DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	805	1.84	811	1.85
Agregado fino	683	1.56	686	1.56
Caucho Granulado	31	0.07	31	0.07
Aire	2.50		2.50	

10.31 BOLSAS / m3 DE CONCRETO

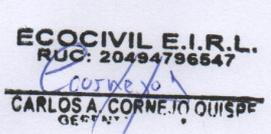
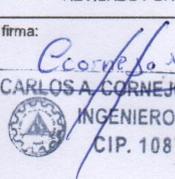
DOSIFICACION EN PESO (Kg)

Cemento	42.50	Kg
Agua	19.60	Kg
Agregado grueso	78.68	Kg
Agregado fino	66.50	Kg
Caucho Granulado	3.03	Kg

DOSIFICACION POR VOLUMEN (para un metro cubico)

bolsa de Cemento	0.14	m3
Agua	0.20	m3
Agregado grueso	0.31	m3
Agregado fino	0.27	m3
Caucho Granulado	0.06	m3
1.0		

RECOMENDACIONES : El presente diseño de mezcla es teórico según ACI 211.1-91-R 09 y requiere comprobación experimental a los 3, 7, 14 y/o 28 días, para el diseño por asentamiento, resistencia y rendimiento.

ECOCIVIL E.I.R.L.		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 15% Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	1 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLAS TEORICO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE CAUCHO AL 15% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO

El requerimiento unitario de resistencia a la compresión proyectada es de $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días
 por lo tanto la resistencia promedio requerida $f'cr = 424 \text{ kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de $s = 2''$ a $1''$ (50.8 mm a 25.4 mm)

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones.

Cuya graduación para el tamaño máximo nominal es **T.M.N.** $1/2''$ (12.70 mm).

Además se indica las características de los agregados definidos con los ensayos realizados en laboratorio, realizadas previamente y las características del cemento a utilizar:

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO Y DEL CAUCHO:

CEMENTO PORTLAND PACASNAYO TIPO I

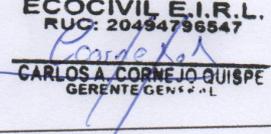
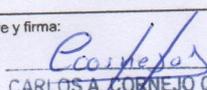
Peso Especifico	3.12	gr/cm3
Peso Unitario Suelto del caucho	491	kg/m3

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS:

ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Gravedad específica (SSD)	---	2.63	2.57
TMN	in	1/2	---
MF	%	---	2.77
Humedad	%	0.82	0.36
Absorción	%	0.93	0.64
PUC	kg/m ³	1626	1725
PUS	kg/m ³	1443	1533

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- Según las especificaciones el concreto, tendrá un asentamiento de $2''$ a $1''$ (76.2 mm a 25.4 mm)

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20454796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE ECOCIVIL	Nombre y firma: 	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ c/ 15% Caucho Granulado

Código	DMC-CCQ-001
Versión	01
Fecha	03-09-2021
Página	2 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

2.- El agregado grueso posee un tamaño máximo nominal de **T.M.N.** 1/2" (12.70 mm).

3.- CONTENIDO DE AGUA

Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesto a interperismo, la cantidad de agua de mezclado que se empleara para producir el asentamiento será de:

AGUA =	199.00	lt/m ³
--------	--------	-------------------

4.- CONTENIDO DE AIRE

Como el concreto no estará sometido a interperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

AIRE =	2.50	%
--------	------	---

5.- RELACION AGUA CEMENTO

Como se prevé el concreto es sin aire incorporado, entonces la relación agua/cemento (A/C) será de:

A/C =	0.45
-------	------

6.- CONTENIDO DE CEMENTO

De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 5 el requerimiento de cemento será de:

CEMENTO (3/5) =	438.33	kg/m ³
-----------------	--------	-------------------

7.- AGREGADO GUESO POR EL METODO DEL ACI 211

De acuerdo al modulo de fineza del agregado fino = **2.77** el peso específico unitario del agregado grueso varillado - compactado es de **1626** kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de **0** **0** se recomienda el uso de **0.55** m³ de agregado grueso por metro cubico de concreto por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

AGREGADO GRUESO =	894.30	kg/m ³
-------------------	--------	-------------------

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

NORMATIVA (ACI 211.1.81)
f'c = 340 kg/cm2 c/ 15% Caucho Granulado

Código	DMC-CCQ-001
Versión	01
Fecha	03-09-2021
Página	3 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

8.- VOLUMEN DE AGREGADOS MAS CEMENTO SIN ARENA

Una vez determinad las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes un m3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinado y considerando el contenido aproximado de aire atrapado. Se puede calcular el contenido de arena como sigue.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN
Volumen Absoluto del Agua	199	1000	0.199
Volumen Absoluto del Cemento	438	3120	0.140
Volumen Absoluto del Agregado grueso	894	2630	0.340
Volumen de aire atrapado	2.50	100	0.025
VOLUMN SUT-TOTAL		=	0.705

VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:

Por tanto el peso requerido de la arena será seca será de = **0.295** m3

AGREGADO FINO	759.37	kg/m³
----------------------	---------------	-------------------------

9.- CORRECCION POR HUMEDAD

De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen porcentaje (%) de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados.

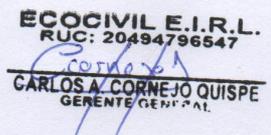
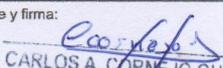
DESCRIPCION	PESOS	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	1.008	901.63
Agregado Fino Húmedo	759	1.004	762.10

Kg.
Kg.

10.- CORRECCION POR ABSORCION

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua . De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

DESCRIPCION	PESOS	% ABSORCION	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	0.930	0.820	-0.98
Agregado Fino Húmedo	759	0.640	0.360	-2.13

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 15% de Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	4 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Adbel Canales Quiica
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

AGUA EFECTIVA

Por tanto la cantidad de agua a excluirse será de = -3.110 m3

AGUA EFECTIVA =	199.00	202	lt
-----------------	--------	-----	----

11.- SUSTITUCIÓN DEL CAUCHO AL 15% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

SUSTITUCION EN PESO HUMEDO

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	901.63	0.34	15.00%	0.05
Agregado Fino	762.10	0.30	15.00%	0.04
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	15.00%	0.10

SUSTITUCION EN PESO SECO

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	894.30	0.34	15.00%	0.05
Agregado Fino	759.37	0.30	15.00%	0.04
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	15.00%	0.10

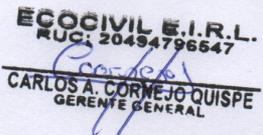
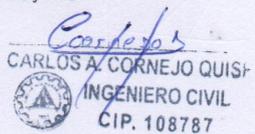
12.- PESOS EFECTIVOS DEL AGREGADO FINO, AGREGADO GRUESO Y CAUCHO GRANULADO

PESO HUMEDO

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO	
Agregado Grueso	0.29	766.39	Kg
Agregado Fino	0.25	647.78	Kg
Caucho Granulado	0.10	47.089	Kg

PESO SECO

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO	
Agregado Grueso	0.29	760.16	Kg
Agregado Fino	0.25	645.46	Kg
Caucho Granulado	0.10	46.805	Kg

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796647 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 15% Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	5 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

DOSIFICACION:

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M3 DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M3 DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	760	1.73	766	1.75
Agregado fino	645	1.47	648	1.48
Caucho Granulado	47	0.11	47	0.11
Aire	2.50		2.50	

10.31 BOLSAS / m3 DE CONCRETO

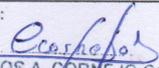
DOSIFICACION EN PESO (Kg)

Cemento	42.50	Kg
Agua	19.60	Kg
Agregado grueso	74.31	Kg
Agregado fino	62.81	Kg
Caucho Granulado	4.54	Kg

DOSIFICACION POR VOLUMEN (para un metro cubico)

bolsa de Cemento	0.14	m3
Agua	0.20	m3
Agregado grueso	0.29	m3
Agregado fino	0.25	m3
Caucho Granulado	0.10	m3
	1.0	

RECOMENDACIONES : El presente diseño de mezcla es teórico según ACI 211.1-91-R 09 y requiere comprobación experimental a los 7, 14 y/o 28 días, para el diseño por asentamiento, resistencia y rendimiento.

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:   CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 20% Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	1 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Abdel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLAS TEORICO DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE CAUCHO AL 20% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO

El requerimiento unitario de resistencia a la compresión proyectada es de $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días por lo tanto la resistencia promedio requerida $f'cr = 424 \text{ kg/cm}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de $s = 2''$ a $1''$ (50.8 mm a 25.4 mm)

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones.

Cuya graduación para el tamaño máximo nominal es **T.M.N.** $1/2''$ (12.70 mm).

Además se indica las características de los agregados definidos con los ensayos realizados en laboratorio, realizadas previamente y las características del cemento a utilizar.

CARACTERISTICAS DEL CEMENTO Y DEL CAUCHO:

CEMENTO PORTLAND PACASNAYO TIPO I

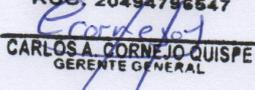
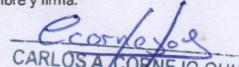
Peso Especifico	3.12	gr/cm3
Peso Unitario Suelto del caucho	491	kg/m3

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS:

ENSAYOS DE LABORATORIO			
ENSAYOS	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Gravedad específica (SSD)	---	2.63	2.57
TMN	in	1/2	---
MF	%	---	2.77
Humedad	%	0.82	0.36
Absorción	%	0.93	0.64
PUC	kg/m ³	1626	1725
PUS	kg/m ³	1443	1533

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

1.- Según las especificaciones el concreto, tendrá un asentamiento de $2''$ a $1''$ (76.2 mm a 25.4 mm)

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

f'c = 340 kg/cm² c/ 20% Caucho Granulado

Código DMC-CCQ-001

Versión 01

Fecha 03-09-2021

Página 2 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Adbel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

2.- El agregado grueso posee un tamaño máximo nominal de T.M.N. 1/2" (12.70 mm).

3.- CONTENIDO DE AGUA

Puesto que no se utilizara incorporador de aire, pero la estructura estará expuesto a intemperismo, la cantidad de agua de mezclado que se empleara para producir el asentamiento será de:

AGUA =	199.00	lt/m ³
--------	--------	-------------------

4.- CONTENIDO DE AIRE

Como el concreto no estará sometido a interperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de:

AIRE =	2.50	%
--------	------	---

5.- RELACION AGUA CEMENTO

Como se prevé el concreto es sin aire incorporado, entonces la relación agua/cemento (A/C) será de:

A/C =	0.45
-------	------

6.- CONTENIDO DE CEMENTO

De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 5 el requerimiento de cemento será de:

CEMENTO (3/5) =	438.33	kg/m ³
-----------------	--------	-------------------

7.- AGREGADO GUESO POR EL METODO DEL ACI 211

De acuerdo al modulo de fineza del agregado fino = 2.77 el peso especifico unitario del agregado grueso varillado - compactado es de 1626 kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 0 0 se recomienda el uso de 0.55 m³ de agregado grueso por metro cubico de concreto por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

AGREGADO GRUESO =	894.30	kg/m ³
-------------------	--------	-------------------

ECOCIVIL EIRL		
TÉCNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUG: 20494796547 <i>Cornejo</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: <i>Cornejo</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO**

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

 $f'c = 340 \text{ kg/cm}^2 \text{ c/ } 20\% \text{ Caucho Granulado}$

Código	DMC-CCQ-001
Versión	01
Fecha	03-09-2021
Página	3 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
Solicitante : Abdel Canales Quilca
: Mamani Roque, Milton Raúl
Código de proyecto : -----
Ubicación de Proyecto : Lambayeque
Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Abdel Canales
Revisado por : Carlos A. Comejo Q.
Fecha de Vaciado: 06/09/2021

8.- VOLUMEN DE AGREGADOS MAS CEMENTO SIN ARENA

Una vez determinada las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinado y considerando el contenido aproximado de aire atrapado. Se puede calcular el contenido de arena como sigue.

DESCRIPCION	CANTIDAD	PESO ESPECIFICO	VOLUMEN
Volumen Absoluto del Agua	199	1000	0.199
Volumen Absoluto del Cemento	438	3120	0.140
Volumen Absoluto del Agregado grueso	894	2630	0.340
Volumen de aire atrapado	2.50	100	0.025
VOLUMN SUT-TOTAL		=	0.705

VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:

Por tanto el peso requerido de la arena será seca será de = **0.295** m³

AGREGADO FINO	759.37	kg/m³
----------------------	---------------	-------------------------

9.- CORRECCION POR HUMEDAD

De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen porcentaje (%) de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados.

DESCRIPCION	PESOS	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	1.008	901.63
Agregado Fino Húmedo	759	1.004	762.10

10.- CORRECCION POR ABSORCION

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

DESCRIPCION	PESOS	% ABSORCION	% HUMEDAD	PESO CORREGIDO
Agregado Grueso Húmedo	894	0.930	0.820	-0.98
Agregado Fino Húmedo	759	0.640	0.360	-2.13

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494786547 <i>Carlos A. Comejo</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma: <i>Carlos A. Comejo</i> CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	DMC-CCQ-001
	NORMATIVA (ACI 211.1.81)	Versión	01
	f'c = 340 kg/cm2 c/ 20% Caucho Granulado	Fecha	03-09-2021
		Página	4 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Adbel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúl
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

AGUA EFECTIVA

Por tanto la cantidad de agua a excluirse será de = -3.110 m3

AGUA EFECTIVA =	199.00	202	lt
-----------------	--------	-----	----

11.- SUSTITUCIÓN DEL CAUCHO AL 20% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO

SUSTITUCION EN PESO HUMEDO

DESCRIPCION	PESOS HUMEDO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	901.63	0.34	20.00%	0.07
Agregado Fino	762.10	0.30	20.00%	0.06
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.639	20.00%	0.13

SUSTITUCION EN PESO SECO

DESCRIPCION	PESOS SECO	VOLUMEN	% CAUCHO	VOLUMEN
Agregado Grueso	894.30	0.34	20.00%	0.07
Agregado Fino	759.37	0.30	20.00%	0.06
VOLUMEN DEL CAUCHO GRANULADO		0.636	20.00%	0.13

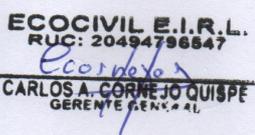
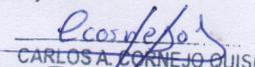
12.- PESOS EFECTIVOS DEL AGREGADO FINO, AGREGADO GRUESO Y CAUCHO GRANULADO

PESO HUMEDO

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO	
Agregado Grueso	0.27	721.31	Kg
Agregado Fino	0.24	609.68	Kg
Caucho Granulado	0.13	62.785	Kg

PESO SECO

DESCRIPCION	VOLUMEN	PESO	
Agregado Grueso	0.27	715.44	Kg
Agregado Fino	0.24	607.49	Kg
Caucho Granulado	0.13	62.407	Kg

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma:  ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796847 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL	Nombre y firma:	Nombre y firma:  CARLOS A. CORNEJO QUISPE  INGENIERO CIVIL GIP: 108787



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO

NORMATIVA (ACI 211.1.81)

f'c = 340 kg/cm² c/ 20% Caucho Granulado

Código	DMC-CCQ-001
Versión	01
Fecha	03-09-2021
Página	5 de 5

Proyecto : "Efecto del uso de caucho reciclado en adoquines de concreto"
 Solicitante : Adbel Canales Quilca
 : Mamani Roque, Milton Raúí
 Código de proyecto : -----
 Ubicación de Proyecto : Lambayeque
 Fecha de Emisión : 03/09/2021

Realizado por : Adbel Canales
 Revisado por : Carlos A. Cornejo Q.
 Fecha de Vaciado: 06/09/2021

DOSIFICACION:

AGREGADO	DOSIFICACION EN PESO SECO POR M3 DE C° (kg)	PROPORCION EN VOLUMEN - PESO SECO	DOSIFICACION EN PESO HUMEDO POR M3 DE C° (kg)	AGREGADO
Cemento	438	1.00	438	1.00
Agua	199	0.45	202	0.46
Agregado grueso	715	1.63	721	1.65
Agregado fino	607	1.39	610	1.39
Caucho Granulado	62	0.14	62	0.14
Aire	2.50		2.50	

10.31 BOLSAS / m3 DE CONCRETO

DOSIFICACION EN PESO (Kg)

Cemento	42.50	Kg
Agua	19.60	Kg
Agregado grueso	69.94	Kg
Agregado fino	59.11	Kg
Caucho Granulado	6.05	Kg

DOSIFICACION POR VOLUMEN (para un metro cubico)

bolsa de Cemento	0.14	m3
Agua	0.20	m3
Agregado grueso	0.27	m3
Agregado fino	0.24	m3
Caucho Granulado	0.13	m3
	1.0	

RECOMENDACIONES : El presente diseño de mezcla es teórico según ACI 211.1-91-R 09 y requiere comprobación experimental a los 3, 7, 14 y/o 28 días, para el diseño por asentamiento, resistencia y rendimiento.

ECOCIVIL EIRL		
TECNICO ECOCIVIL	REALIZADO POR	REVISADO POR
Nombre y firma: <p align="center"> ECOCIVIL E.I.R.L. RUC: 20494796547 CARLOS A. CORNEJO QUISPE GERENTE GENERAL </p>	Nombre y firma: 	Nombre y firma: <p align="center"> CARLOS A. CORNEJO QUISPE INGENIERO CIVIL CIP. 108787 </p>



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Rotura de testigos
- Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 20% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LG - 089 - EC - 21
FECHA : 10/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	10/09/2021	14630			200.00	73.15	
02	10/09/2021	13960			200.00	69.80	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.

Miguel A. Arrunategui Chusman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8
CERTIFICADO : LG - 086 - EC - 21
FECHA : 10/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	10/09/2021	36935			200.00	184.68	
02	10/09/2021	31200			200.00	156.00	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.
[Signature]
Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
[Signature]
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 10% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LG - 087 - EC - 21
FECHA : 10/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	10/09/2021	25820			200.00	129.10	
02	10/09/2021	25745			200.00	128.73	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.
[Signature]
Viguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
[Signature]
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Rotura de testigos
- Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
 PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
 MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 15% DE CAUCHO)
 CERTIFICADO : LG - 088 - EC - 21
 FECHA : 10/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	10/09/2021	24180			200.00	120.90	
02	10/09/2021	22405			200.00	112.03	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.
Miguel A. Arrunategui Chumán
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Rotura de testigos
- Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 10% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LG - 091 - EC - 21
FECHA : 14/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	14/09/2021	39630			200.00	198.15	
02	14/09/2021	33750			200.00	168.75	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Laboratorio - Asfalto - Rotura de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 15% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LG - 092 - EC - 21
FECHA : 14/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	14/09/2021	29940			200.00	149.70	
02	14/09/2021	26975			200.00	134.88	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Concreto
- Asfalto
- Canteras
- Rotura de testigos
- Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 20% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LG - 093 - EC - 21
FECHA : 14/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	14/09/2021	18940			200.00	94.70	
02	14/09/2021	19470			200.00	97.35	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Miguel A. Arrunategui Chusman
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Rotura de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyecto de Carreteras

Prolg. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 20% DE CAUCHO) - 14 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 097 - EC - 21
FECHA : 21/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	21/09/2021	34430			200.00	172.15	
02	21/09/2021	34900			200.00	174.50	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.
Miguel A. Arrunategui Chusman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 17450



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Concreto
- Asfalto
- Rotura de testigos
- Cimentaciones
- Laboratorio
- Canteras
- Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO REICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 10% DE CAUCHO) - 14 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 095 - EC - 21
FECHA : 21/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	21/09/2021	52590			200.00	262.95	
02	21/09/2021	48710			200.00	243.55	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIR. Nº 1795



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 15% DE CAUCHO) - 14 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 096 - EC - 21
FECHA : 21/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	21/09/2021	45935			200.00	229.68	
02	21/09/2021	44900			200.00	224.50	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Miguel A. Arrunategui Chaman
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 17452



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
 www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO SIN ADICIÓN DE CAUCHO) - 14 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 094 - EC - 21
FECHA : 21/09/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	21/09/2021	66480			200.00	332.40	
02	21/09/2021	63970			200.00	319.85	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.

 Miguel A. Arrunategui Chumán
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Cristian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 174570



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Telef. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 0% DE CAUCHO) - 28 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 100 - EC - 21
FECHA : 5/10/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	5/10/2021	68100			200.00	340.50	
02	5/10/2021	68705			200.00	343.53	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Miguel A. Arrunategui Chusman
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

-Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
-Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 10% DE CAUCHO) - 28 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 101 - EC - 21
FECHA : 5/10/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	5/10/2021	55320			200.00	276.60	
02	5/10/2021	52300			200.00	261.50	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.
Miguel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.
Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos - Concreto - Asfalto - Rotura de testigos
- Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Teléf. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
 www.ayceexploraciongeotecnicasrl.com ayceexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 15% DE CAUCHO) - 28 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 102 - EC - 21
FECHA : 5/10/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	5/10/2021	49300			200.00	246.50	
02	5/10/2021	46785			200.00	233.93	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNIA S.R.L.

 Miguel A. Arrunategui Chusman
 LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

 Cristhian Miguel Arrunategui Brown
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 174530



A&C EXPLORACION GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.R. Ltda.

- Mecánica de Suelos
- Cimentaciones
- Concreto
- Laboratorio
- Asfalto
- Canteras
- Rotura de testigos
- Proyecto de Carreteras

Prolog. Av. Chiclayo Mz. "3" Lt. "59" - Saúl Cantoral / Telef. 074 - 228446 / Cel: 978175503 / 944670804
www.aycexploraciongeotecnicasrl.com aycexploraciongeotecnicasrl@hotmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

NTP - 399.602

SOLICITANTE : ADBEL CANALES QUILCA - MAMANI ROQUE MILTÓN RAÚL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADOQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 20% DE CAUCHO) - 28 DÍAS
CERTIFICADO : LG - 103 - EC - 21
FECHA : 5/10/2021

Molde	Fecha	Lectura	Area Total	Area Huecos	Area Rotura	Resistencia	Area
Nº	Rotura	Dial	cm ²	cm ²	cm ²		1/2
01	5/10/2021	37620			200.00	188.10	
02	5/10/2021	37800			200.00	189.00	

Observaciones

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Miquel A. Arrunategui Chuman
LABORATORISTA

A&C EXPLORACION GEOTECNICA S.R.L.

Cristhian Miguel Arrunategui Brown
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. Nº 174530

Expediente 20034
Solicitante ESTUDIOS GEOTECNICOS Y ENSAYOS DE
LABORATORIOS EMPRESA INDIVIDUAL DE
RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección CAL.AUGUSTO B. LEGUIA NRO. 1001 (CERCA DE
COMPAÑIA DE BOMBEROS) LAMBAYEQUE -
FERREÑAFE - FERREÑAFE

Instrumento de Medición **BALANZA NO AUTOMÁTICA**

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).

Marca (o Fabricante) OHAUS
Modelo R21PE30ZH
Número de Serie B845372716
Procedencia CHINA
Tipo ELECTRÓNICO
Identificación NO INDICA
Alcance de Indicación 0 g a 30000 g
División de escala (d) o resolución 1 g
Div. verifc. de escala (e) 10 g
Capacidad Mínima 20 g
Clase de exactitud III

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

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

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Ubic. Del Instrumento INSTALACIONES DEL SOLICITANTE
Lugar de Calibración LABORATORIO DE MASA DE CEM INDUSTRIAL

Fecha de Calibración 2020-10-07

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera - enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-041-2020; LM-C-040-2020; LM-C-065-2020; M-1038-2019; T-2888-2019.

Sello Fecha de emisión Jefe del laboratorio de calibración



2020-10-07

CEM INDUSTRIAL
JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	21,0 °C	Final	21,1 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
2	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
3	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
4	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
5	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
6	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
7	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
8	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
9	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4
10	14999	0,5	3,5	29999	0,6	3,4

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
15000	0,0	20
30000	0,0	30



2	5
1	
3	4

Posición
de las
Cargas

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Temperatura	Inicial	21,1 °C	Final	21,1 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ± g
	Carga min. (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	10	10	0,3	4,7	10000	9999	0,4	3,6	-1,1	20
2		10	0,4	4,6		9999	0,4	3,6	-1,0	20
3		10	0,3	4,7		9999	0,4	3,6	-1,1	20
4		10	0,4	4,6		9999	0,4	3,6	-1,0	20
5		10	0,4	4,6		9999	0,4	3,6	-1,0	20

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	21,1 °C	Final	21,1 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ± g
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
Eo 10	10	0,4	4,6						
20	20	0,4	4,6	0,0	20	0,4	4,6	0,0	10
100	100	0,4	4,6	0,0	100	0,4	4,6	0,0	10
1000	1000	0,5	4,5	-0,1	1000	0,4	4,6	0,0	10
2000	2000	0,5	4,5	-0,1	2000	0,5	4,5	-0,1	10
5000	5000	0,5	4,5	-0,1	5000	0,5	4,5	-0,1	20
10000	9999	0,6	3,4	-1,2	10000	0,6	4,4	-0,2	20
15000	14999	0,6	3,4	-1,2	14999	0,6	3,4	-1,2	20
20000	19999	0,6	3,4	-1,2	19999	0,5	3,5	-1,1	20
25000	24999	0,5	3,5	-1,1	24999	0,5	3,5	-1,1	30
30000	29999	0,7	3,3	-1,3	29999	0,7	3,3	-1,3	30

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

E: Error encontrado

l: indicación de la balanza.

E₀: Error en cero.

ΔL: Carga adicional.

E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,16667 + 0,0000000000936} R^2$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000572339 R$

Observaciones

- Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva color verde con indicación "CALIBRADO".
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 29992 g para una pesa patrón de 30000 g.



Fin del documento.