

El Futuro de las Ciudades

Adoquines de Caucho Reciclado
como Solución a la Gestión de
Neumáticos Usados

Milton Raul Mamani Roque, Maribel Mamani Roque



IDEOS
Centro de Investigación
y Producción Científica

El Futuro de las Ciudades

**Adoquines de Caucho Reciclado como Solución a
la Gestión de Neumáticos Usados**

Editor



**El Futuro de las Ciudades: Adoquines de Caucho Reciclado
como Solución a la Gestión de Neumáticos Usados**

Milton Raul Mamani Roque, Maribel Mamani Roque

Editado por

CENTRO DE INVESTIGACIÓN & PRODUCCIÓN CIENTÍFICA
IDEOS E.I.R.L

Dirección: Calle Teruel 292, Miraflores, Lima, Perú.

RUC: 20606452153

Primera edición digital, Mayo 2024

Libro electrónico disponible en www.tecnohumanismo.online

ISBN: 978-612-49674-9-8

Registro de Depósito legal N°: 2024-05836



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

INTRODUCCION	15
I. MARCO TEORICO	17
II. METODOLOGIA.....	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
III. RESULTADOS.....	37
IV. DISCUSIÓN.....	64
V. CONCLUSIONES	67
VI. 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 promedio 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, la ausencia de una normativa que regule el adecuado uso de neumáticos usados ha motivado la propuesta de emplear este material como componente en adoquines para peatones o en pavimentos para vehículos livianos.

En el marco de esta investigación, se plantea la adición de porcentajes del 10%, 15% y 20% de caucho reciclado a los adoquines de concreto, con la finalidad de evaluar los resultados a los 3, 7, 14 y 28 días, con el objetivo de comprender cómo afecta mecánicamente el incremento del contenido de caucho reciclado en la resistencia a la compresión simple de los adoquines.

Inicialmente, se lleva a cabo en laboratorio el análisis granulométrico del caucho, así como el estudio del material de agregado, el grado de absorción de los materiales, el ensayo de contenido de humedad y el ensayo de peso unitario del caucho granulado. Se determinan las características físicas del caucho granulado que se mezcla de acuerdo al diseño establecido. Posteriormente, se deja curar el concreto durante 3, 7, 14 y 28 días, realizando ensayos de resistencia a la compresión de los adoquines. Se observa que conforme se incrementa la cantidad de caucho en volumen, la resistencia a la compresión disminuye de manera lineal hasta los 28 días.

Los resultados arrojan que para un porcentaje del 10%, la resistencia a los 3 días es de 128.9 kg/cm², a los 7 días es de 183.5 kg/cm², a los 14 días es de 253.3 kg/cm² y a los 28 días es de 269.05 kg/cm². Para un porcentaje del 15%, la resistencia es de 116.5 kg/cm² a los 3 días, 142.3 kg/cm² a los 7 días, 227.1 kg/cm² a los 14 días y 240.21 kg/cm² a los 28 días. Finalmente, para un porcentaje del 20%, la resistencia es de 71.5 kg/cm² a los 3 días, 96.0 kg/cm² a los 7 días, 173.3 kg/cm² a los 14 días y 188.55 kg/cm² a los 28 días.

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

Abstract

In Peru, the absence of regulations that regulate the proper use of used tires has motivated the proposal to use this material as a component in paving stones for pedestrians or in pavements for light vehicles.

Within the framework of this research, the addition of percentages of 10%, 15% and 20% of recycled rubber to concrete pavers is proposed, with the purpose of evaluating the results after 3, 7, 14 and 28 days, with the objective of understanding how the increase in recycled rubber content mechanically affects the simple compressive strength of pavers.

Initially, the granulometric analysis of the rubber is carried out in the laboratory, as well as the study of the aggregate material, the degree of absorption of the materials, the moisture content test and the unit weight test of the granulated rubber. The physical characteristics of the granulated rubber that is mixed according to the established design are determined. Subsequently, the concrete is allowed to cure for 3, 7, 14 and 28 days, performing compression resistance tests on the pavers. It is observed that as the amount of rubber in volume increases, the compressive strength decreases linearly up to 28 days.

The results show that for a percentage of 10%, the resistance at 3 days is 128.9 kg/cm², at 7 days it is 183.5 kg/cm², at 14 days it is 253.3 kg/cm² and at 28 days it is of 269.05 kg/cm². For a percentage of 15%, the resistance is 116.5 kg/cm² at 3 days, 142.3 kg/cm² at 7 days, 227.1 kg/cm² at 14 days and 240.21 kg/cm² at 28 days. Finally, for a percentage of 20%, the resistance is 71.5 kg/cm² at 3 days, 96.0 kg/cm² at 7 days, 173.3 kg/cm² at 14 days and 188.55 kg/cm² at 28 days.

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

I. INTRODUCCION

A lo largo de la historia, desde los tiempos en que las ruedas eran talladas en piedra o esculpidas en madera, hasta el momento en que se les añadía una capa de cuero para amortiguar su impacto, la evolución ha sido constante. Sin embargo, fue en el año 1900 cuando se produjo un hito significativo con la invención de los automóviles, lo que conllevó a la llegada de los neumáticos tal como los conocemos hoy en día.

Este avance, sin embargo, no ha estado exento de consecuencias ambientales. La fabricación de neumáticos modernos consume aproximadamente 32 litros de petróleo por unidad, cifra que se triplica en el caso de neumáticos de alta carga, alcanzando los 100 litros. En Europa, por ejemplo, se produjeron más de tres millones de toneladas de neumáticos usados en 2011, recordándonos que el caucho tarda más de un siglo en descomponerse completamente. Este hecho nos ofrece una perspectiva clara sobre la magnitud del problema asociado a este material de fabricación.

En el contexto peruano, la falta de una regulación política que aborde de manera efectiva el uso adecuado de neumáticos usados resalta aún más la importancia de dirigir la atención hacia esta problemática. Es esencial que los profesionales de la ingeniería vial consideren esta perspectiva, ya que aprovechar este componente en las vías de transporte no solo reduciría el impacto ambiental causado por su falta de sostenibilidad, sino que también ofrecería una solución innovadora y sustentable para el desarrollo de infraestructuras viales.

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 justificación teórica de esta investigación radica en la necesidad de explorar el uso de neumáticos reciclados como componente fundamental en la fabricación de adoquines destinados a pavimentos semirrígidos de tipo II, específicamente diseñados para el tránsito vehicular ligero. La incorporación de estos neumáticos reciclados, en porcentajes del 10%, 15% y 20%, implica una sustitución directa del volumen del agregado convencional.

En este sentido, la presente investigación se enfoca en el diseño de mezclas que se ajusten a las demandas de proporción necesarias para lograr la sustitución eficiente de los neumáticos reciclados granulados en lugar del agregado convencional en términos de volumen. Estos adoquines resultantes estarán destinados a pavimentos semirrígidos tipo II, cumpliendo rigurosamente con las especificaciones técnicas establecidas para su construcción, tal como lo señalan la EG-2013 y la NTP 399.611.

Este enfoque no solo busca ofrecer una alternativa sustentable y ecoamigable para la construcción de infraestructuras viales, sino que también pretende asegurar la calidad y durabilidad de los pavimentos resultantes, garantizando así su adecuado desempeño bajo las condiciones de tráfico y uso específicas para las cuales están diseñados.

La **justificación práctica**: Esta investigación presenta una solución innovadora al explorar la viabilidad de utilizar caucho reciclado en la fabricación de adoquines de concreto destinados a pavimentos semirrígidos. Uno de los principales enfoques consiste en evaluar la resistencia a la compresión de estos adoquines, así como las ventajas que aportan los materiales utilizados en la composición del concreto para la manufactura de dichos adoquines.

Al considerar el caucho reciclado como un componente clave en la elaboración de los adoquines, se busca no solo brindar una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, sino también aprovechar las propiedades inherentes de este material para mejorar el rendimiento y la durabilidad de los pavimentos semirrígidos. Esta investigación no solo se centra en la resistencia mecánica de los adoquines, sino también en analizar cómo la inclusión de caucho reciclado afecta otras propiedades importantes del concreto, como la adherencia, la durabilidad y la resistencia al desgaste, entre otras.

La **justificación metodológica:** Esta investigación se llevó a cabo mediante ensayos cuasi experimentales que implicaron la determinación meticulosa de los componentes a utilizar en la mezcla de concreto, incluyendo el tipo de cemento, agregado grueso, agregado fino y neumático granulado. Se realizaron pruebas para evaluar las cualidades mecánicas de estos materiales, tales como la resistencia a compresión del concreto y los agregados.

Los ensayos abarcaron diversos aspectos, como la granulometría (gradación) del agregado grueso y fino, el peso unitario suelto y compactado de los agregados, el módulo de fineza del agregado fino, el tamaño máximo nominal del agregado grueso, así como el porcentaje de atracción y humedad de los materiales. Además, se realizaron pruebas específicas para determinar la resistencia a compresión simple de los adoquines resultantes.

Este enfoque experimental permitió obtener información detallada sobre las propiedades mecánicas de los materiales utilizados y su comportamiento en la mezcla de concreto, proporcionando así una base sólida para la evaluación y optimización de la composición de los adoquines de concreto con caucho reciclado.

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 $f'c=340$ kg/cm².

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 principal** de esta investigación es determinar los parámetros mecánicos clave de los adoquines fabricados con una mezcla de concreto y caucho neumático reciclado, con el fin de aplicarlos en pavimentos semirrígidos de nivel II destinados al tránsito vehicular ligero. Estos parámetros mecánicos incluyen la resistencia a la compresión, la durabilidad y otras propiedades relevantes que afectan directamente al desempeño y la longevidad de los pavimentos. Al obtener una comprensión detallada de estas características, se busca asegurar que los adoquines cumplan con los estándares de calidad y resistencia necesarios para su uso en condiciones de tráfico moderado a intenso, garantizando así la seguridad y la eficiencia de las infraestructuras viales.

Los **objetivos específicos** de esta investigación son los siguientes: en primer lugar, determinar las proporciones de dosificación para el diseño de mezcla convencional y para la dosificación que incluye un 10%, 15% y 20% de material neumático reciclado granulado, sustituyendo al volumen del agregado, con el fin de elaborar adoquines destinados a pavimentos semirrígidos con una resistencia característica a la compresión de $f_c=340 \text{ kg/cm}^2$. En segundo lugar, se busca evaluar la resistencia a compresión tanto en el concreto sin modificar como en el concreto no convencional, este último adicionado con neumáticos reciclados en los porcentajes mencionados, a los 3 días, 7 días, 14 días y 28 días de curado. Estos ensayos permitirán determinar la evolución de la resistencia a compresión a lo largo del tiempo, proporcionando datos cruciales sobre la durabilidad y el rendimiento de los adoquines bajo diferentes condiciones de carga y exposición.

II. MARCO TEORICO

En esta investigación, nos basamos en estudios previos realizados por Bazán & Rubio (2020), quienes se centraron en el análisis de la granulometría de partículas, el contenido de humedad del agregado fino y grueso, así como en la resistencia de un adoquín guía. Además, definieron parámetros mecánicos, como la resistencia a la compresión de un adoquín no convencional con sustitución de caucho reciclado de manera granulada.

Los resultados obtenidos revelaron que el adoquín convencional alcanzó una resistencia a la compresión de $f'c=155.87 \text{ kg/cm}^2$ a los 3 días de curado, aumentando a una $f'c$ media de 238.41 kg/cm^2 a los 7 días y a una $f'c$ de 349.35 kg/cm^2 a los 28 días. En contraste, las muestras con sustitución del agregado fino por caucho reciclado mostraron valores inferiores de resistencia a la compresión. Por ejemplo, con una adición del 3% de caucho, se obtuvo una $f'c$ promedio de 112.45 kg/cm^2 a los 3 días, aumentando a 318.82 kg/cm^2 a los 28 días. Sin embargo, a medida que aumentaba el porcentaje de adición de caucho (5% y 7%), la resistencia a la compresión disminuyó considerablemente, lo que sugiere que su uso en esos porcentajes es desfavorable.

Se recomienda continuar investigando la resistencia a la tracción y abrasión de los adoquines con caucho reciclado, con el objetivo de obtener un panorama más completo de su comportamiento y determinar su viabilidad en aplicaciones futuras.

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 $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ 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/cm^2 ; 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. Examino 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 tazar el procedimiento espontaneo 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%.

En esta investigación, nos basamos en el estudio previo realizado por Bazán & Rubio (2020), quienes se centraron en analizar la granulometría de partículas, el contenido de humedad del agregado fino y grueso, así como la resistencia de un adoquín guía. Además, definieron parámetros mecánicos como la resistencia a la compresión de un adoquín no convencional con sustitución de caucho reciclado de manera granulada.

Por ejemplo, encontraron que el adoquín convencional alcanzó una resistencia a la compresión de $f'c=155.87 \text{ kg/cm}^2$ a los 3 días de curado, aumentando a una $f'c$ media de 238.41 kg/cm^2 a los 7 días y a una $f'c$ de 349.35 kg/cm^2 a los 28 días. Sin embargo, las muestras con sustitución del agregado fino por caucho reciclado mostraron valores inferiores de resistencia a la compresión. Por ejemplo, con una adición del 3% de caucho, se obtuvo una $f'c$ promedio de 112.45 kg/cm^2 a los 3 días, aumentando a 318.82 kg/cm^2 a los 28 días.

Este contraste sugiere que, si bien la inclusión de caucho reciclado puede tener beneficios ambientales, su impacto en la resistencia mecánica del adoquín debe ser cuidadosamente evaluado. Estos hallazgos subrayan la importancia de seguir investigando para comprender mejor el comportamiento de los adoquines con caucho reciclado en diferentes condiciones de uso y diseño.

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); realizo 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 hormigón 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.

En la investigación realizada por Abanto & Tantalean (2020), se buscó medir la caracterización mecánica de los agregados para hallar sus cualidades, así como diseñar mezclas de concreto sustituyendo el agregado fino con caucho reciclado en diferentes porcentajes. Se correlacionó la resistencia a la compresión de un macizo ordinario habitual con uno preciso con hule adicionado.

Los resultados obtenidos revelaron que para la clase 2 (5% C.R.), se logró una resistencia a la compresión de $f_{cr} = 269.77 \text{ Kg/cm}^2$, mientras que para la clase 3 (10% C.R.) fue de $f_{cr} = 152.89 \text{ Kg/cm}^2$, y para la clase 4 (15% C.R.) se obtuvo una resistencia de $f_{cr} = 110.93 \text{ Kg/cm}^2$. Por otro lado, la clase 1 (macizo habitual) alcanzó una resistencia de $f_{cr} = 215.76 \text{ kg/cm}^2$, siendo el porcentaje óptimo de caucho reciclado del 5%.

Se sugiere realizar investigaciones más exhaustivas sobre el caucho reciclado, así como simulaciones con diferentes porcentajes no superiores al 5%.

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 medidad, 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 empaclado del agregado grueso. (pág. 170).

Concreto en estado endurecido:

Curado:

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

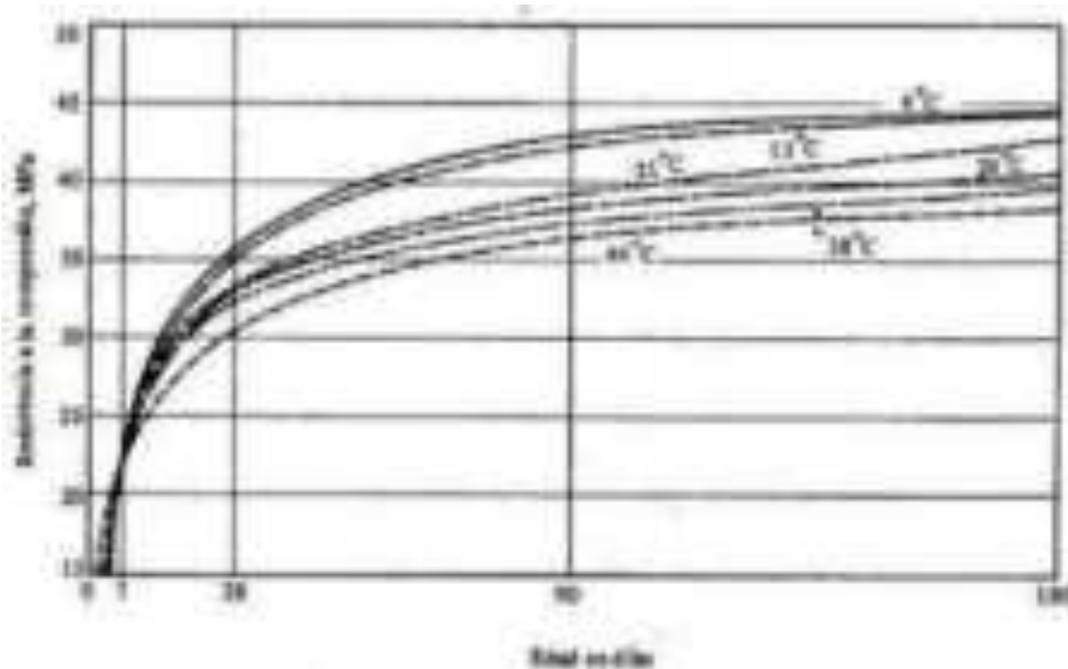
El curado es la denominación que se da al proceso de hidratación del concreto; control de la temperatura, a partir de la superficie, hacia dentro del concreto. El factor temperatura se especifica en la (figura 05), el curado es hidratado el concreto, o parcialmente hidratado como sea posible, con la 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 almacenadas 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- cispolisopreno), 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 Brasileño, pero fue exportado a Reino Unido, específicamente a Inglaterra en 1876 y de allí exportado a otros países bajo dominio británico, 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 nucleícos, azúcares 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.

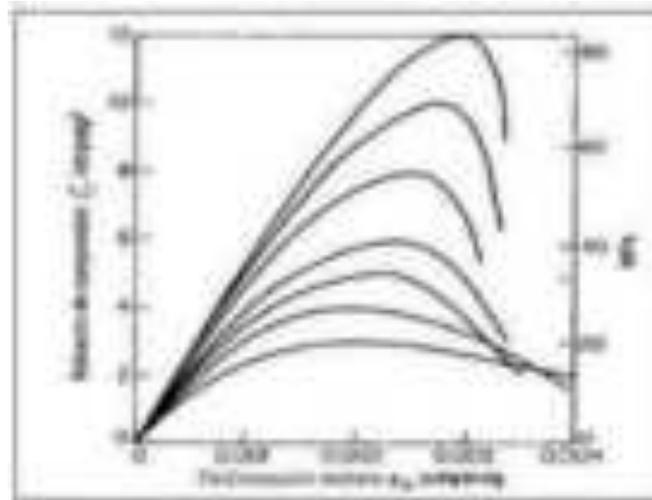
El caucho usado, son anillos circulares que está compuesto de goma que rodea la llanta, esta a su vez absorbe y controla las fuerzas transitorias en el eje y la carretera. Los neumáticos están compuestos de material, ya sea de caucho sintético o natural, y también de negro de carbono, óxido de zinc,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

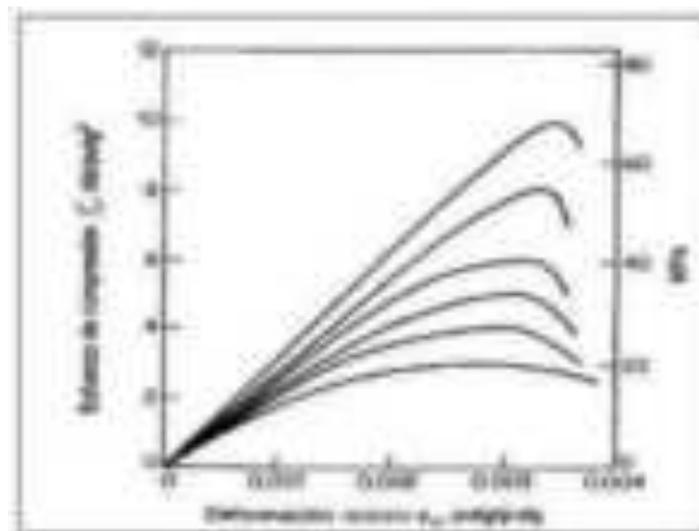
Figura 5. Curva esfuerzo versus deformación unitaria a la compresión simple, típicas para concreto de densidad normal con 2300kg/cm³. (Barra 2016).



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.

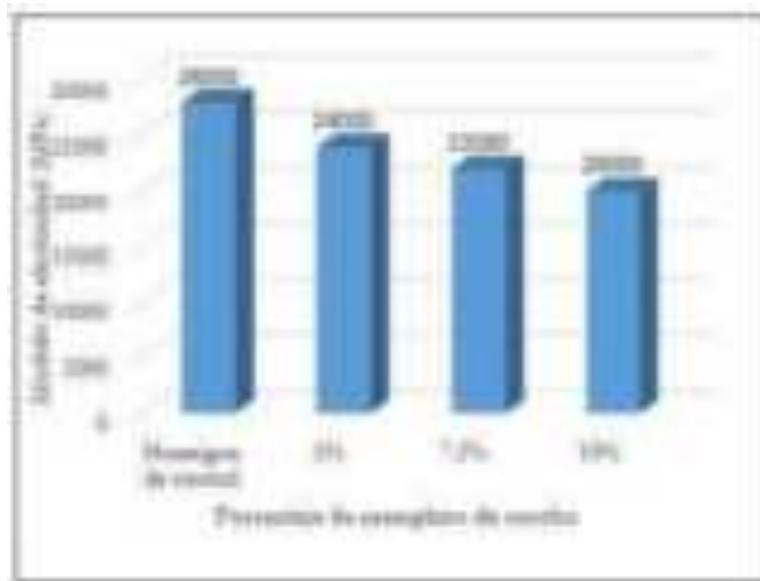
Módulo de Elasticidad.

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 se 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 NPU, 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 obteniedo 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.



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

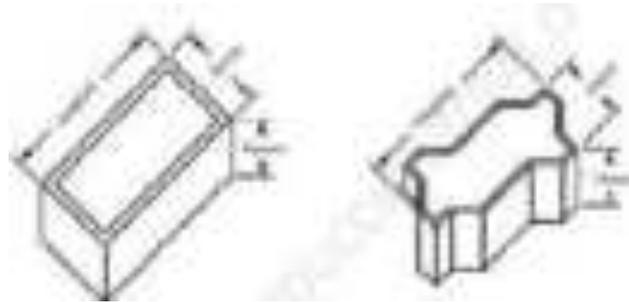
La tolerancia dimensional se evaluará tomando las medidas de la longitud, ancho, espesor del adoquín cumpliendo así con lo establecido en INACAL “NTP 399.611” (2017) de unidades de albañilería.

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. METODOLOGIA.

3.1. Tipo y diseño de investigación.

En esta etapa de la investigación, se llevarán a cabo ensayos experimentales siguiendo un diseño metodológico riguroso. Estos ensayos permitirán recopilar datos concretos y cuantificables que servirán para analizar y evaluar la viabilidad de la utilización de neumáticos reciclados en la fabricación de adoquines para pavimentos semirrígidos de tránsito vehicular ligero de nivel II. El enfoque experimental nos permitirá obtener resultados confiables y objetivos que respalden nuestras conclusiones y recomendaciones.

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).

Además de su función en la industria automotriz, los neumáticos de caucho son piezas fundamentales en otras áreas, como la construcción, la industria textil y la fabricación de calzado, entre otras. Su versatilidad y resistencia los convierten en materiales indispensables en diversos sectores. Por otro lado, el caucho natural, obtenido del árbol *Hevea Brasiliensis*, ha mantenido su relevancia en el mercado a pesar del crecimiento de los cauchos sintéticos, destacando por su origen renovable y sus propiedades físicas únicas. Estos aspectos evidencian la importancia de comprender la diversidad y las características de los cauchos de neumáticos en el contexto de la

investigación sobre su uso en la fabricación de adoquines para pavimentos semirrígidos.

Definición operacional: El proceso de reciclaje del caucho implica la trituración de neumáticos usados en molinos especializados, los cuales descomponen el material en partículas más pequeñas. Estas partículas de caucho reciclado se integrarán cuidadosamente en el diseño de mezcla, garantizando que cumplan con los estándares de resistencia específicos, en este caso, un $f'c=340 \text{ kg/cm}^2$. Este enfoque busca aprovechar las propiedades del caucho reciclado para fortalecer el concreto resultante, asegurando al mismo tiempo la durabilidad y calidad requeridas para su aplicación en pavimentos semirrígidos.

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

El conjunto de adoquines a realizar comprende varias variantes, cada una con diferentes niveles de sustitución de caucho granulado y todas diseñadas para alcanzar una resistencia característica de $f_c=340 \text{ kg/cm}^2$. Estas variantes incluyen:

1. Adoquines de concreto convencional (muestra patrón): Esta muestra servirá como referencia para comparar el desempeño de las otras variantes con la mezcla estándar de concreto convencional sin adición de caucho granulado.

2. Adoquines de concreto con sustitución al 10% de caucho granulado: En esta variante, parte del agregado fino tradicional se sustituye con caucho granulado en un 10% de la mezcla. Esto permitirá evaluar cómo esta proporción de caucho afecta las propiedades y características del adoquín.

3. Adoquines de concreto con sustitución al 15% de caucho granulado: En esta muestra, se incrementa la proporción de sustitución de caucho granulado al 15%. Esto proporcionará información adicional sobre el efecto de una mayor cantidad de caucho en las propiedades mecánicas y físicas del adoquín.

4. Adoquines de concreto con sustitución al 20% de caucho granulado:** Esta variante representa el mayor nivel de sustitución de caucho granulado en la mezcla, con un 20% de la composición total. Permitirá evaluar los límites de incorporación de caucho y sus efectos en la resistencia y otras propiedades del adoquín.

Cada una de estas variantes será sometida a pruebas de resistencia y otras pruebas relevantes para evaluar su desempeño en comparación con la muestra patrón y entre sí. Los resultados de estas pruebas proporcionarán información importante para comprender el impacto de la adición de caucho granulado en la fabricación de adoquines de concreto y guiarán la selección de la mejor opción para aplicaciones específicas.

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:

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

Donde:

'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

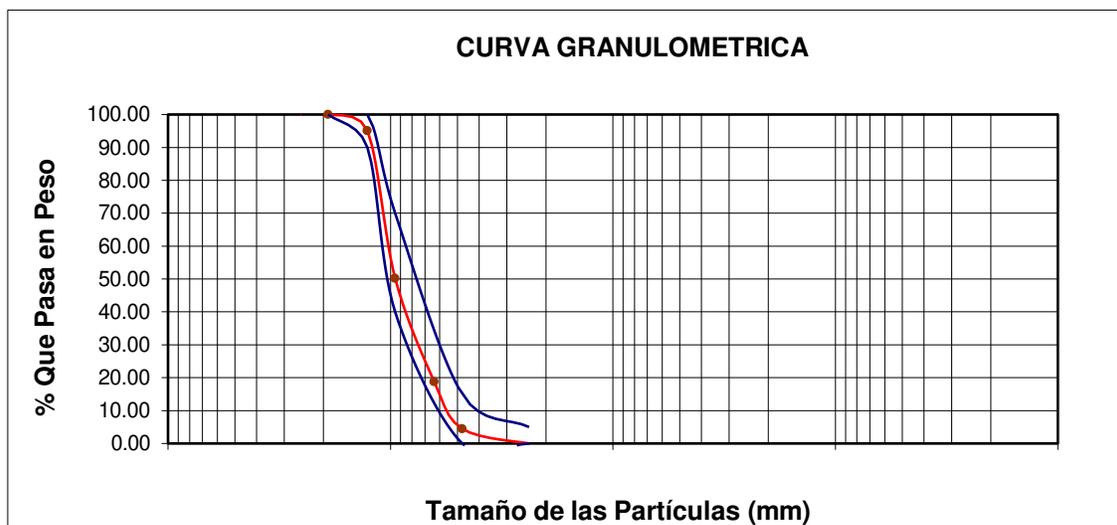
Para la determinar los objetivos de la investigación se adquirió los del agregado fino y agregado grueso, cemento portland tipo I como también caucho granulado de los neumáticos reciclados donde se realizó ensayos de laboratorio para determinar sus características físicas.

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.



Donde:

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%
--------------	-------

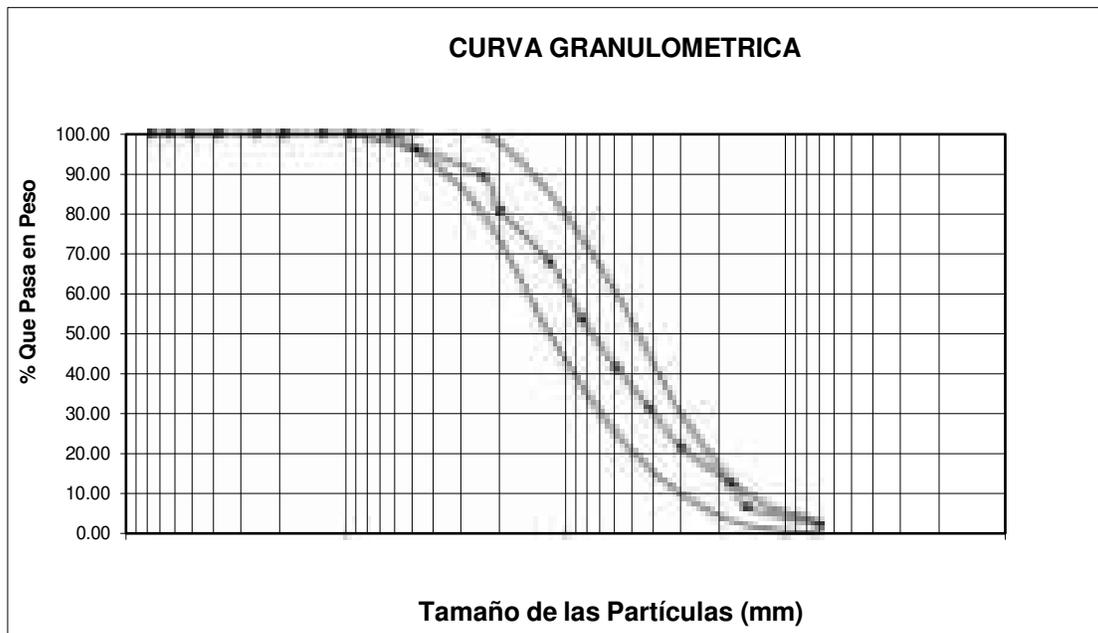
Características Físicas del Agregado Fino.

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.

$$\text{Donde } f'_{cr} = 340 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2 = 424 \text{ kg/cm}^2.$$

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 1/2”** (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.

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

$$\frac{\text{Contenido de cemento}}$$

cemento =

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:

DESCRIPCION	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

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

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.

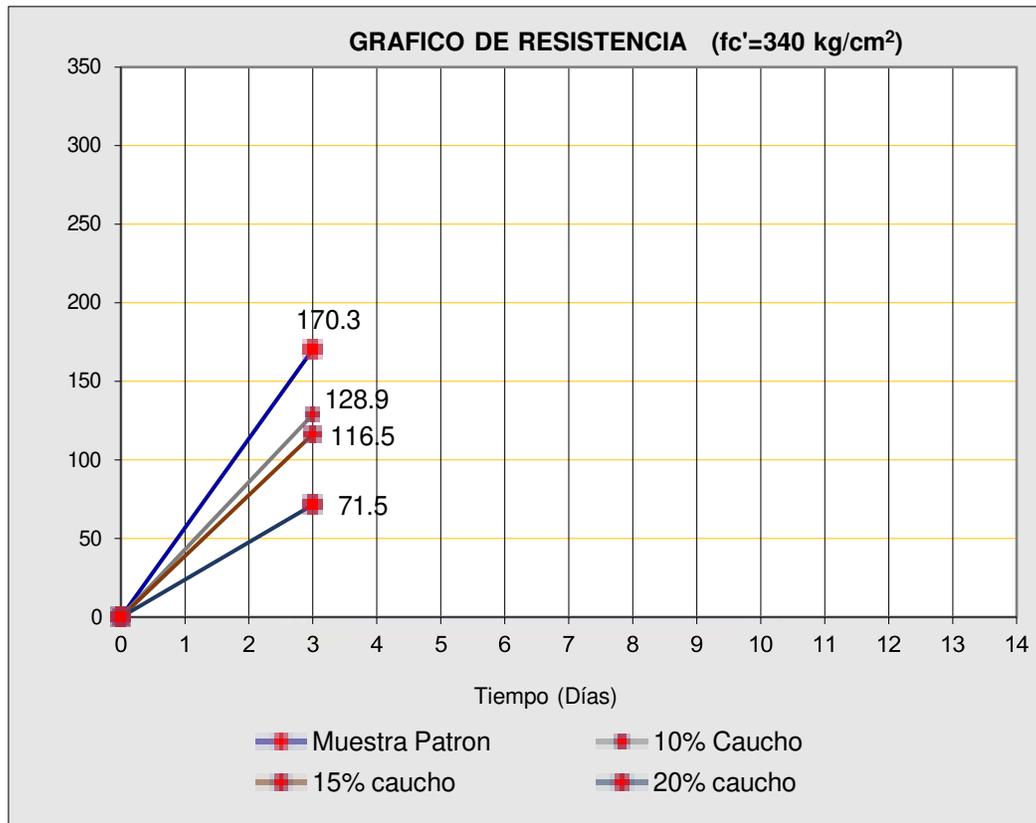
Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 3.

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

RESISTENCIA (Kg/Cm²)

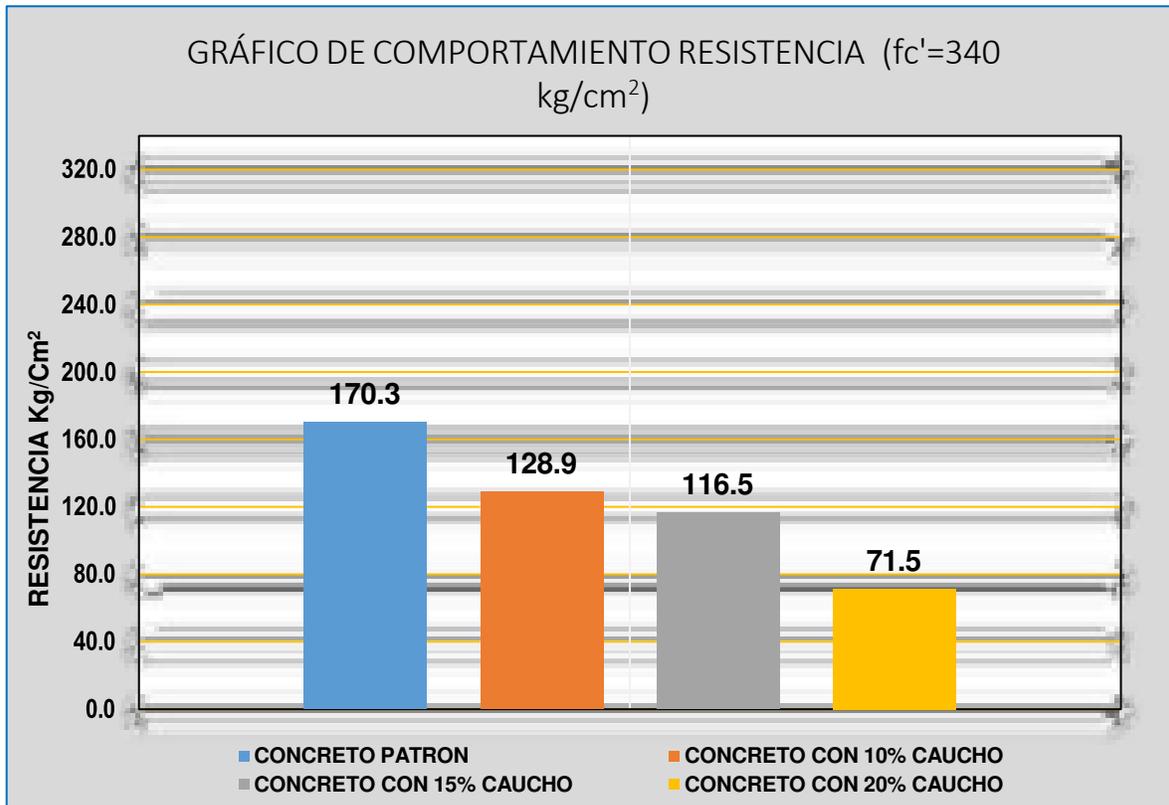
Figura 25. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 3 días de edad



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 $f'c$ promedio 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 $f'c$ promedio 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_t		Tensión por compresión f_c	
	Clase 1	Clase 2	Clase 1	Clase 2
NTC	$f_t = 2\sqrt{f'c}$	$f_t = 1.6\sqrt{f'c}$	$f_c = 1.5\sqrt{f'c}$	$f_c = 1.2\sqrt{f'c}$
ACI	$f_t = 2\sqrt{f'c}$		$f_c = 1.8\sqrt{f'c}$	

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 días	Carga (kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Tensión (Kg/cm ²)		
	Moldeo	Rotura						
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

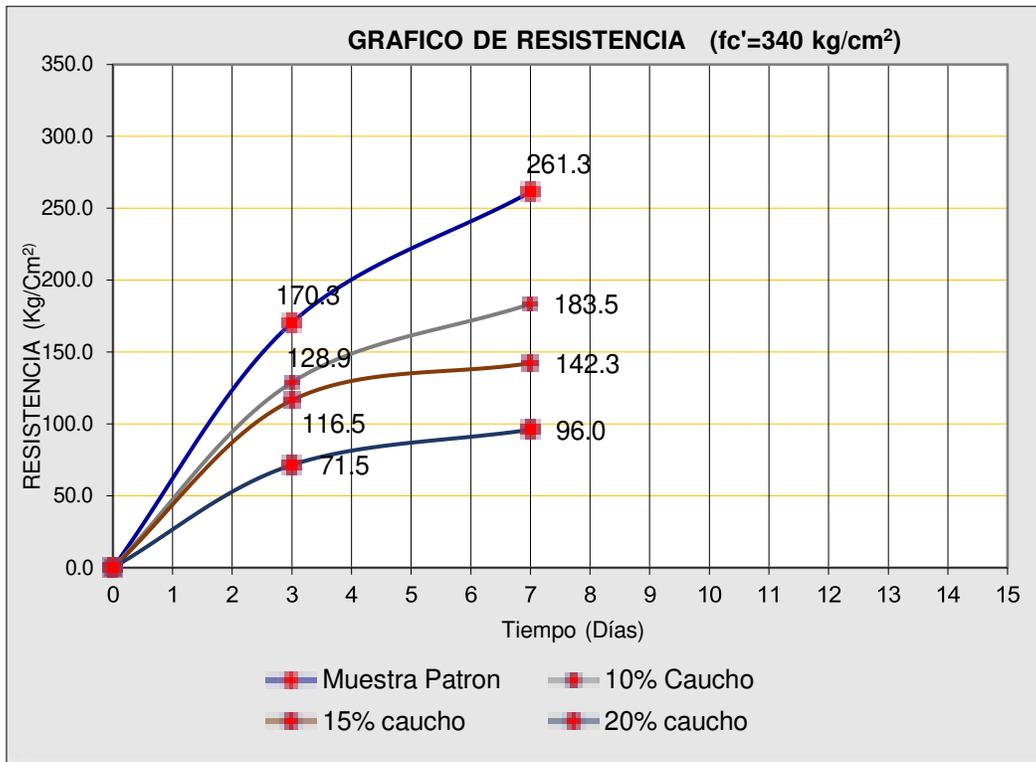
Por lo que determinamos que la resistencia a la tensión por compresión de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto guía.

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

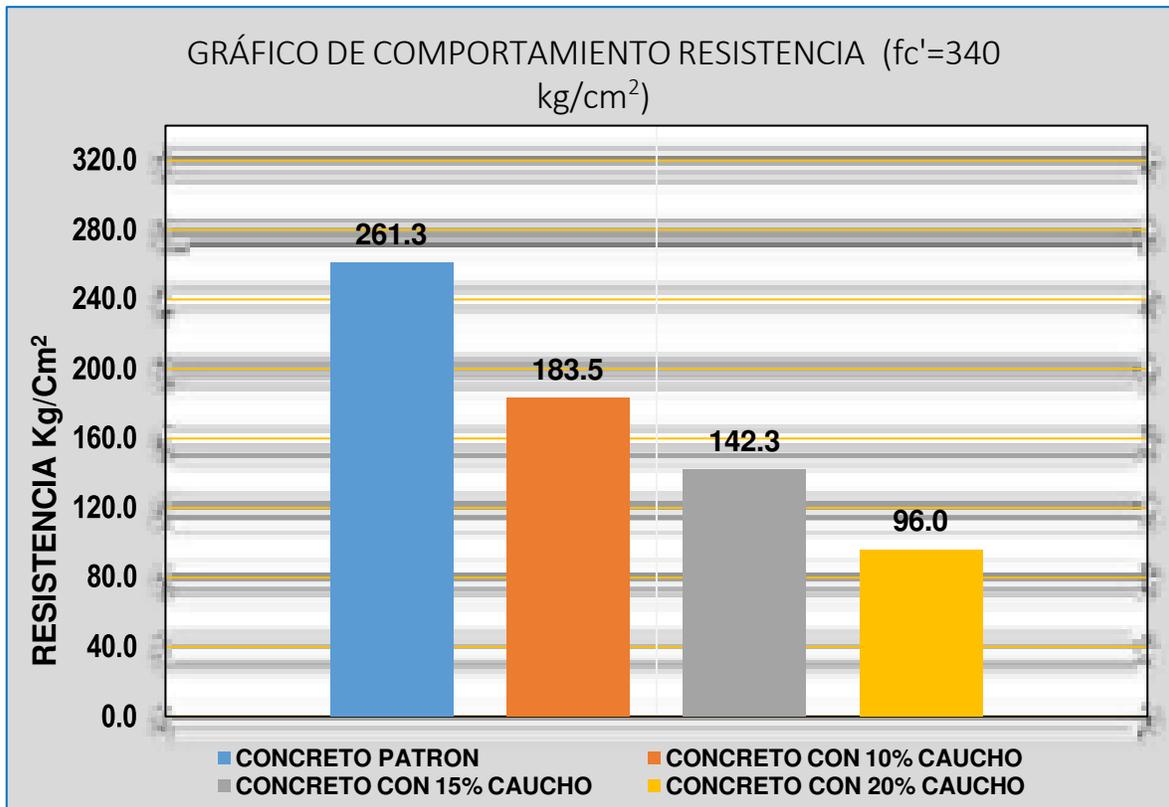
Figura 28. Desarrollo de crecimiento de la resistencia a compresión a los 7 días de edad.



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 al 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 promedio 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 promedio 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	Carga	Resist.	Tensión		
	Moldeo	Rotura	días	(kg)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		
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.

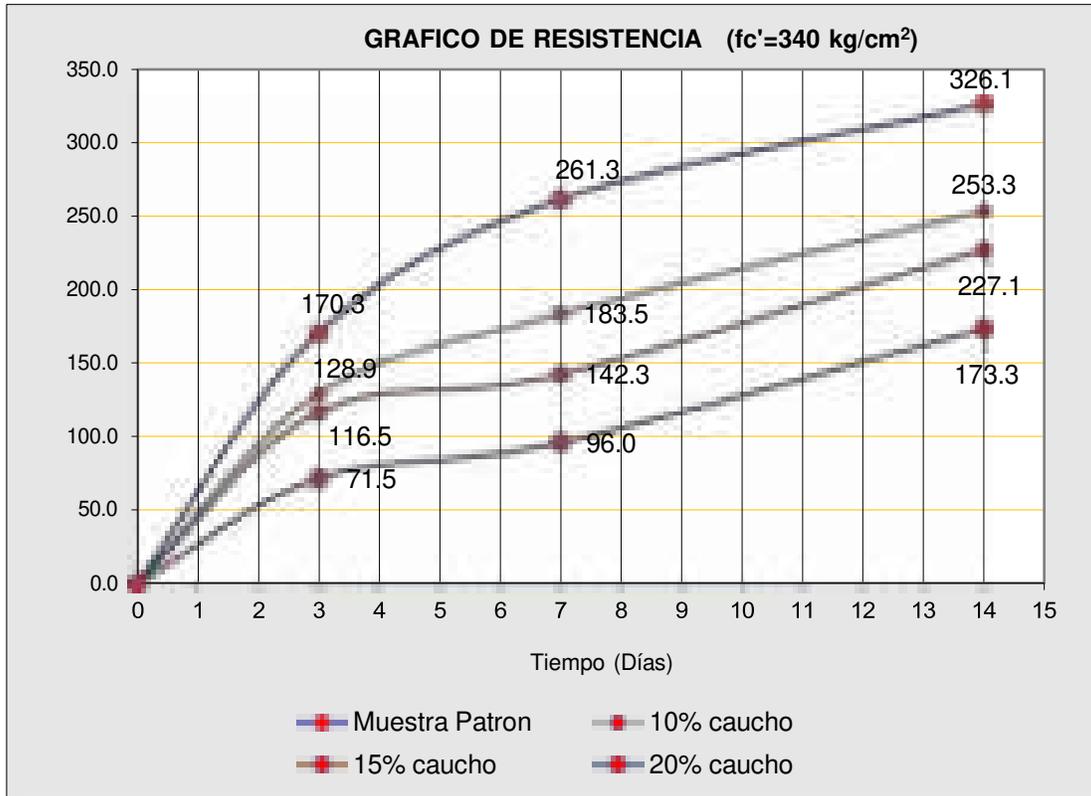
Ensayo a Compresión del Concreto Guía y el Concreto con Sustitución de Caucho Granulado en los Porcentajes 10%, 15% y 20% día 14.

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

CARACTERISTICAS GENERALES								Resist. Promedio (kg/cm ²) 14 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	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

RESISTENCIA (Kg/Cm²)

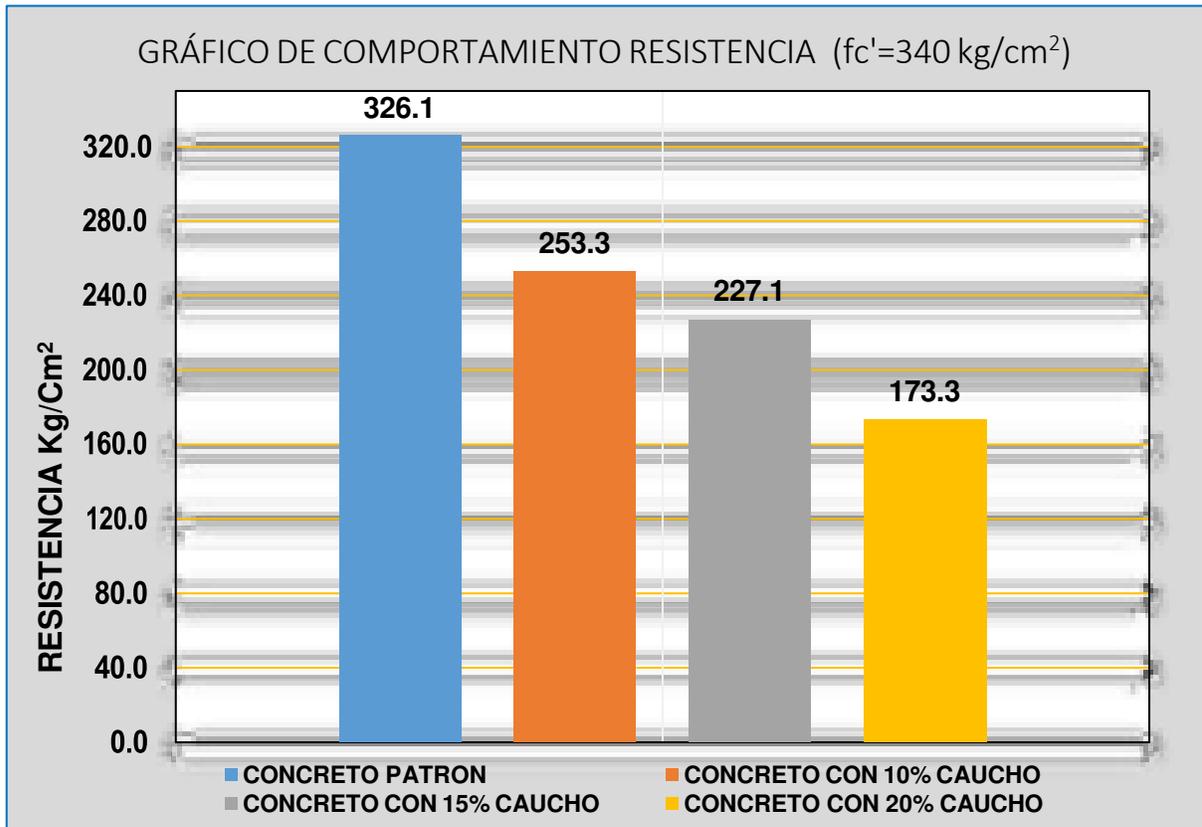
Figura 30. Desarrollo del comportamiento del comportamiento de la resistencia a compresión simple del concreto a los 14 días de edad.



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/cm^2 , 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/cm^2

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 días	Carga (kg)	Resist. (Kg/cm ²)	Tensión (Kg/cm ²)		
	Moldeo	Rotura						
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

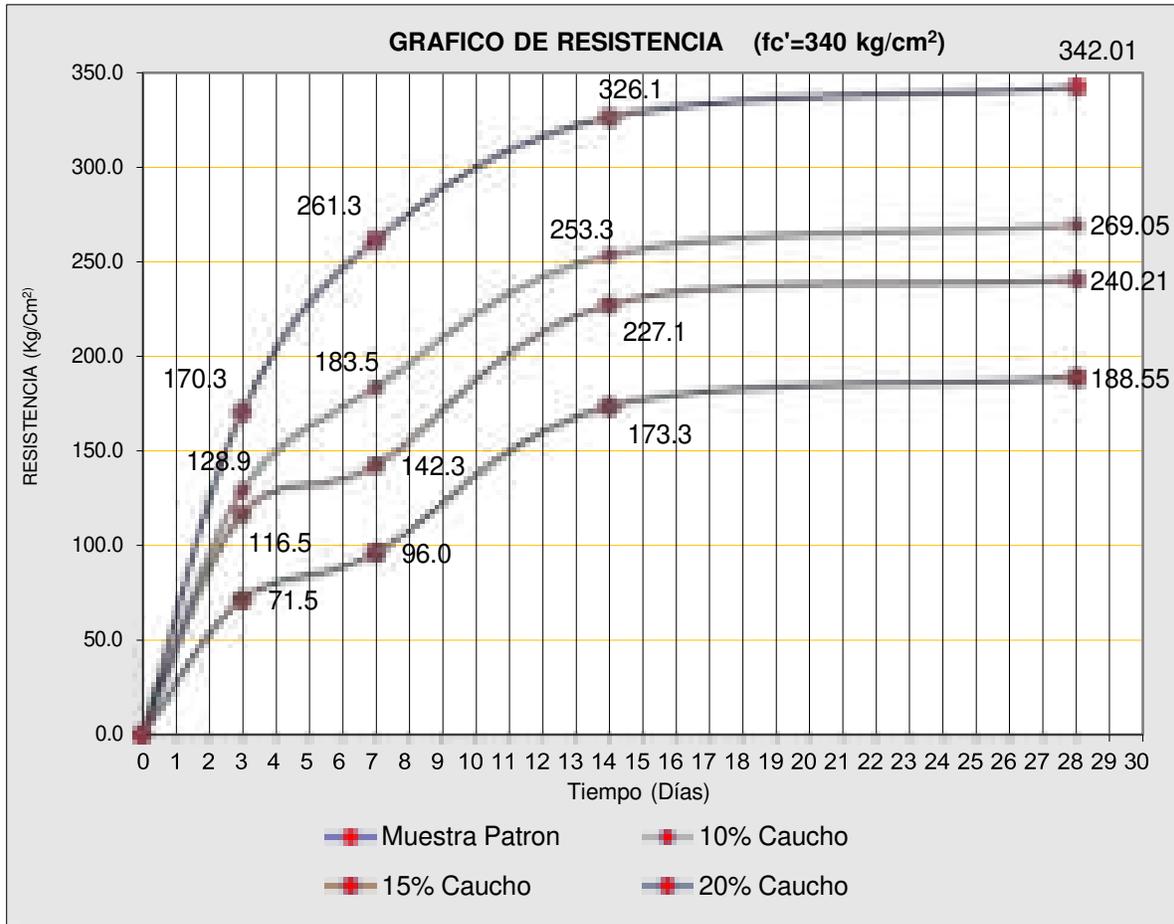
Por lo que se determina que la resistencia a la tensión por compresión a los 7 días de edad de los adoquines de concreto sustituidos al 10%, 15 y 20% de caucho granulado sobre el volumen de los agregados tiene una variación con respecto al adoquín de concreto guía.

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.

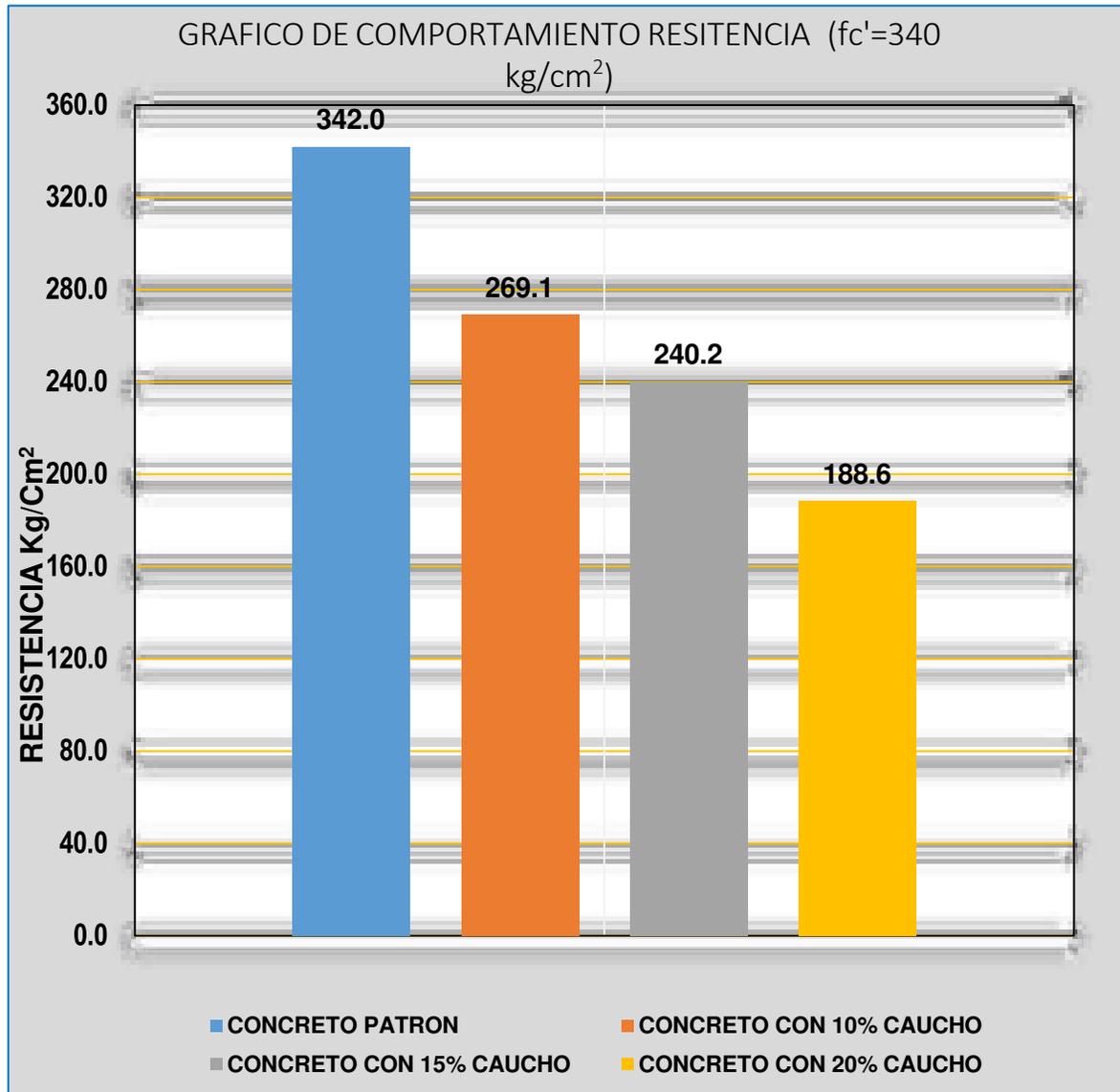
CARACTERISTICAS GENERALES							Resist. Promedio (kg/cm ²) 28 días	Observacion	
Nº de Cilindros	Fecha		Edad días	Longitud (cm)	Area (cm ²)	Carga (kg)			Resist. (Kg/cm ²)
P-01	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	68100	340.5	342.0	CONCRETO CONVENCIONAL
P-02	7-Set-21	5-Oct-21	28	20.0	200.0	68705	343.5		CONCRETO 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 promedia 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 promedia 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 promedia 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 promedia 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 28 días (kg/cm ²)	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 CONVENCIONA L
P-02	7-Set-21	5-Oct-21	28	68705	343.5	33.4		CONCRETO CONVENCIONA L
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

Los hallazgos de la investigación realizada por Rey (2018) reflejan una disminución en la resistencia del concreto a la compresión a medida que aumenta el porcentaje de caucho reciclado añadido. Por ejemplo, para un 10% de caucho, se obtiene una resistencia de 364.99 kg/cm², mientras que para un 15% de caucho, la resistencia disminuye a 333.57 kg/cm². Esto sugiere una relación inversa entre el porcentaje de caucho y la resistencia del concreto.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en la presente investigación, se observa una tendencia similar. En la tabla 24 de la presente tesis, se registran los valores de resistencia a la compresión para adiciones del 10% y 15% de caucho, los cuales son 269.05 kg/cm² y 240.21 kg/cm², respectivamente, a los 28 días de curado. Estos datos respaldan la conclusión de que un mayor porcentaje de caucho reciclado conlleva una reducción en la resistencia a la compresión del concreto, alineándose con los hallazgos previos de Rey (2018). Tabla 25. Resistencia la compresión con diferentes porcentajes de caucho y distintas edades del concreto.

Resistencia del Concreto kg/cm ²				
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/cm ²	Concreto		
	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 resultados obtenidos muestran que los adoquines fabricados con concreto que contiene un 10%, 15%, o 20% de caucho granulado, en comparación con el concreto patrón, no cumplen con los estándares de resistencia a la compresión requeridos. A los 14 días de edad, el adoquín de concreto patrón alcanza una resistencia a la compresión de 326.10 kg/cm². En contraste, el adoquín de concreto con un 10% de caucho granulado registra una resistencia de 253.3 kg/cm², el de 15% de caucho granulado alcanza los 227.1 kg/cm², y el de 20% de caucho granulado muestra una resistencia de 173.30 kg/cm².

Estos resultados indican claramente una disminución en la resistencia a la compresión a medida que aumenta el porcentaje de caucho granulado en la mezcla de concreto. Es importante destacar que ninguno de los adoquines con porcentajes de caucho granulado probados cumple con los requisitos mínimos de resistencia a la compresión establecidos para este tipo de aplicación.

CE 1. El comportamiento del desarrollo de la resistencia a la compresión de los adoquines con sustitución de caucho granulado al 10%, 15% y 20% en volumen del agregado, con una resistencia objetivo de 340 kg/cm², muestra una variación significativa en comparación con los adoquines de concreto convencionales. Esta variación se atribuye principalmente a la calidad de la adherencia entre la pasta de cemento, los agregados y el caucho granulado.

A medida que aumenta el porcentaje de sustitución de caucho en la mezcla, se observa una disminución en la resistencia a la compresión de los adoquines. Esta disminución puede atribuirse a varios factores, incluida una posible falta de adherencia adecuada entre el caucho granulado y la matriz de concreto, así como una posible interferencia en la estructura interna del concreto debido a la presencia del caucho.

Es importante destacar que la calidad de la adherencia entre los diferentes componentes de la mezcla de concreto desempeña un papel crucial en el desarrollo de la resistencia a la compresión. Por lo tanto, es fundamental evaluar y mejorar la calidad de la interacción entre la pasta de cemento, los agregados y el caucho granulado para garantizar el cumplimiento de los estándares de resistencia requeridos para los adoquines de concreto.

CE 2. La comparación entre los adoquines con sustitución de caucho granulado al 10%, 15% y 20% en volumen del agregado, diseñados para alcanzar una resistencia de 340 kg/cm², con el adoquín de concreto convencional revela que no cumplen con los estándares de resistencia requeridos.

Los resultados muestran que, a pesar de los esfuerzos por incorporar el caucho reciclado como parte de la mezcla, la resistencia a la compresión de los adoquines no alcanza los valores esperados en comparación con el adoquín de concreto convencional. Esta falta de cumplimiento con los estándares de resistencia sugiere que se deben realizar ajustes en la formulación de la mezcla o en el proceso de fabricación para mejorar las propiedades mecánicas de los adoquines con caucho granulado.

Es necesario investigar más a fondo las causas específicas de esta disminución en la resistencia y explorar posibles soluciones para mejorar el rendimiento de los adoquines con caucho reciclado. Esto podría implicar ajustes en la dosificación de los materiales, la mejora de la adherencia entre los componentes de la mezcla o la implementación de técnicas de procesamiento alternativas.

VII. RECOMENDACIONES

Se sugiere llevar a cabo investigaciones que evalúen la sustitución de caucho granulado en el volumen de los agregados del concreto para adoquines con porcentajes inferiores, entre el 2% y el 5%. Esto permitirá determinar si reducir la cantidad de caucho utilizado en la mezcla puede mejorar las propiedades mecánicas de los adoquines sin comprometer su resistencia.

Además, se recomienda realizar estudios específicos sobre la sustitución de caucho granulado en el volumen del agregado grueso del concreto para adoquines, centrándose en los porcentajes investigados. Estos análisis podrían proporcionar información crucial sobre cómo la distribución del caucho en la mezcla afecta las propiedades finales de los adoquines.

Otro aspecto importante a considerar es la resistencia al congelamiento y deshielo de los adoquines que contienen porcentajes de caucho granulado. Investigaciones adicionales en este ámbito podrían revelar cómo la presencia de caucho afecta la durabilidad de los adoquines en condiciones climáticas adversas, como las temperaturas extremas y la exposición a la humedad.

Finalmente, se sugiere realizar investigaciones sobre la resistencia a la abrasión de los adoquines con porcentajes de caucho granulado. Este tipo de estudios proporcionaría información crucial sobre la capacidad de los adoquines para resistir el desgaste causado por el tráfico peatonal y vehicular, lo que es fundamental para evaluar su idoneidad en aplicaciones reales.

REFERENCIAS

- Abanto (2017). *Tecnología del concreto*. Lima: San Marcos.
- ASTM. (2010). Practica 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 neumaticos . *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). Alálisis 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 neumaticos*. 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). *Adoquín con adición de caucho granulado reciclado para lograr un adecuado comportamiento al esfuerzo de compresión, Moyobamba, 2019*. Lima: UCV.
- German (2019). Adición de caucho de neumaticos 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.
- IINACAL. (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 & Solis & 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 opportunities*, 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 silpuzz. *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 calcareo. *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 computación UCSP*, 45.
- Soto & Marin (2019). Análisis 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, hormigón y mortero de referencia para ensayos. *Norma Española*, 3.
- Urta (2006). Hormigón con caucho: Determinación del módulo de elasticidad. *Universidad Austral de Chile*, 87.
- Ydrogo & Alva (2019). Resistencia a la compresión del adoquín 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%
Numero. 4	95% - 100%
Numero. 8	80 % -100%
Numero. 16	50% - 85%
Numero. 30	25% - 60%
Numero. 50	5% - 30%
Numero. 100	0% - 10%
Numero. 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 3/8 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 3/8 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 (3/8 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 3/8 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	--	

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%

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 kg/cm ²	f'cr = f'c + 70
210kg/cm ² >= f'c =< 350 kg/cm ²	f'cr = f'c + 84
f'c > 350 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

Fuente: master UPC de Barcelona

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)



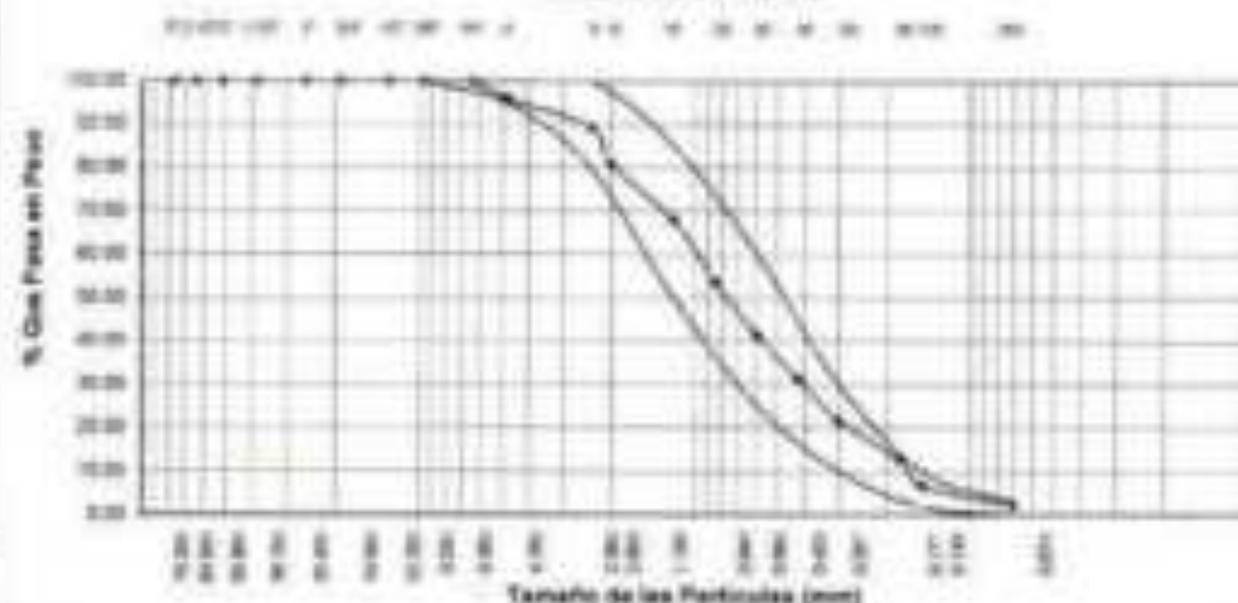
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NTP 408.012-2001 / ASTM C 30

SOLICITA : CARLOS GUILDA ADRIEL Y MIRIAM ROSA MILTON RALA
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CENIZA RECICLADA EN ADOSQUES DE CONCRETO
FECHA : 21/06/2021

Tamaño Malla		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SISE
INg	mm.						
3"	76.20						AGREGADO FINO
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.00						L.A. L.P. P.
10"	25.40					100	CLASIFICACION
14"	35.70					100.00	AGREGADO
17.5"	44.78	1.50	2.20	2.20	97.80	10 - 100	Grado de Finura 2.77
20"	50.80	12.90	9.70	15.17	84.83	10 - 100	
25"	63.50	18.52	9.02	24.20	75.80		
30"	76.20	24.81	12.86	37.06	62.94	50 - 85	OBSERVACIONES:
35"	89.00	27.41	14.31	48.37	51.63		MATERIAL PARA FABRICACION
40"	101.60	25.30	12.20	58.37	41.63	20 - 60	DE CONCRETO
45"	114.30	18.23	10.24	68.61	31.39		
50"	127.00	18.58	9.70	78.31	21.69	10 - 30	CANTERA TRES TOMAS
60"	152.40	17.40	9.12	87.88	12.12		MINA NATURAL ZARACAPA
75"	190.50	11.20	6.08	93.92	6.08	0 - 10	
100"	254.00	8.00	4.88	97.80	2.20	0 - 5	
150"	381.00	4.22	2.20	99.00	1.00		
Peso total		101.51					

MALLAS US STANDARD



EGEL-03-488-04P-01

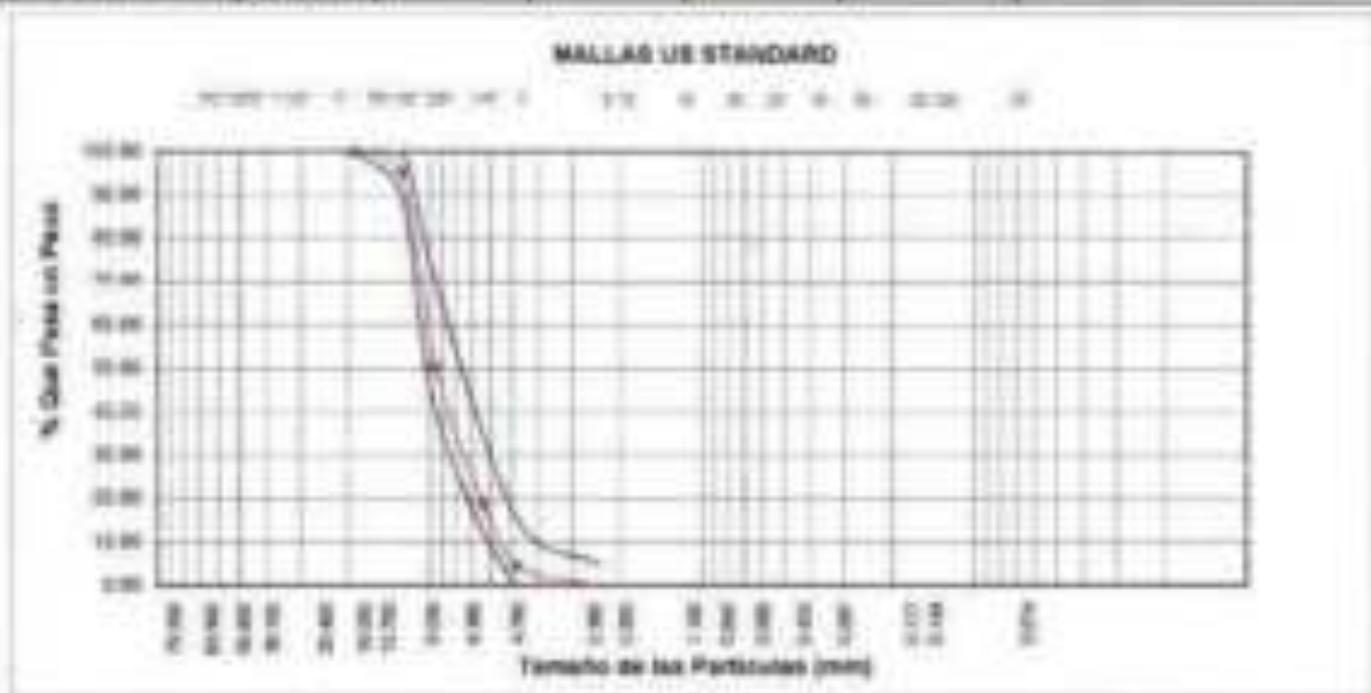




ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NTP-400-012 - ASTM C136
TAMAÑO MÁXIMO 1/2"

SOLICITA: ORVALDO GUILCA ROBLE Y MIRIAM RODRÍGUEZ ALTON RALL
PROYECTO: EFECTO DEL USO DE CALIZO RECYCLADO EN ADOSADOS DE CONCRETO
FECHA: 21/08/2021

Apertura Malla		Peso Retenido	% Retenido Pesar	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	CLASIFICACION SUCS
Pulg	mm						
2"	50.8						SOLUCADO GRUESO
1 1/2"	38.1						
1"	25.4						
3/4"	19.0						
1/2"	12.5				100.00	100	
1/4"	6.3	122.00	4.00	4.00	96.00	60 - 100	LL
20"	5.0	122.20	40.20	44.20	55.80	40 - 75	LP
10"	2.5	707.00	21.40	91.27	8.73		CLASIFICACION MAGRO
7.5"	1.9	350.00	10.25	85.50	14.50	0 - 15	
4.75"	1.2	112.00	3.40	100.00	0.00	0 - 5	
3.75"	0.9						OBSERVACIONES: FABRICACION DE CONCRETO DE CONCRETO CANTERA PRIS TALLADO - PRISMA UNIFORME DE 1/2"
3.00"	0.7						
2.50"	0.6						
2.00"	0.5						
1.50"	0.4						
1.18"	0.3						
0.850"	0.2						
0.600"	0.15						
0.425"	0.1						
0.250"	0.075						
Peso total		2400.00					



**EGEL**

Estradas Geotécnicas y Ensayos de Laboratorio E.G.E.L.
 Av. Augusto B. Leguía Nro 3001 - Pinarofe y/o Ca. Los Encantos Md. II - Uta. B.
 Miraflores - Sector II - Zona A - Plaza - Teléfono 074-583725 - Cel. 978175500 - Email: f.788332

**HUMEDAD NATURAL**

ASTM D-2216

SOLICITANTE : CARRALES OULCA ADRIEL Y MAMANI RIQUE MILTON RALE
 PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CHUÑO RECIDADO EN ADQUINES DE CONCRETO
 FECHA : 31/05/2021

CANTERA	Tres Tomas	Tres Tomas		
MATERIAL (m)	Peso Chispa	Peso Chispa		
Nº Recipiente	5	50		
1- Peso Suelo Humedo + 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	43.56	18.68		
5- Peso Suelo Seco	278.72	237.71		
6- Porcentaje de Humedad	0.82%	0.36%		

HUMEDAD NATURAL

SECTOR				
CALICATA				
MINETRA				
Profundidad (m)				
Nº Recipiente				
1- Peso Suelo Humedo + 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

EGEL
 Estradas Geotécnicas y Ensayos de Laboratorio E.G.E.L.
 Av. Augusto B. Leguía Nro 3001 - Pinarofe y/o Ca. Los Encantos Md. II - Uta. B.
 Miraflores - Sector II - Zona A - Plaza - Teléfono 074-583725 - Cel. 978175500 - Email: f.788332

EGEL
 Estradas Geotécnicas y Ensayos de Laboratorio E.G.E.L.
 Av. Augusto B. Leguía Nro 3001 - Pinarofe y/o Ca. Los Encantos Md. II - Uta. B.
 Miraflores - Sector II - Zona A - Plaza - Teléfono 074-583725 - Cel. 978175500 - Email: f.788332



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADOS

MTC - E - 206

SOLICITA : CANALES GUILDA ABEL Y WAMMI ROQUE MILTON RAEL

PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADQUINES 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 $\rho = \frac{A}{A-C}$	2.967		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA $\rho = \frac{A}{B-C}$	2.923		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA S.S.S. $\rho = \frac{B}{B-C}$	2.83		
	ABSORCION DE AGUA EN PORCENTAJE $\rho = \frac{B-A}{A} \times 100$	0.82		

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	1187.30		
F	PESO EN gr. DE PICNOMETRO + H ₂ O	556.03		
	PESO ESPECIFICO APARENTE $\rho = \frac{A}{A(X-F)}$	2.993		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE SECA $\rho = \frac{B}{B(X-F)}$	2.991		
	PESO ESPECIFICO SOBRE BASE S.S.S. $\rho = \frac{B}{B(X-F)}$	2.87		
	ABSORCION DE AGUA EN PORCENTAJE $\rho = \frac{B-A}{A} \times 100$	0.64		

Observaciones:

LABORATORIO
E.T.E.L.
Pinar del Río

LABORATORIO
E.T.E.L.
Pinar del Río

**PESO VOLUMETRICO**

SOLICITA	CANALIS UVA, CA. AQUEL Y MAMAY HOGUE, ML. 10V HUAL.
PROYECTO	EFFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADQUINES DE CONCRETO
CANTERA	TRES TOMAS
MATERIAL	ARENA GRUESA
FECHA	21/08/2021
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
998	6700	3206	2141	1539	
999	6700	3068	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
998	6275	3633	2110	1722	
999	6275	3646	2110	1728	
					1725

OBSERVACIONES:

EGEL-121-PV-21


 TONY REGAL
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 LABORATORIO


 TONY REGAL
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 LABORATORIO



PESO VOLUMETRICO

ASTM C 29

SOLICITANTE	CANALES GUZELA AYMEL Y MAMANI ROQUE MILTON RAMA
PROYECTO	EFFECTO DEL USO DE CALIZO REICLADO EN ADOQUINES DE CONCRETO
CANTERA	TRES TOMAR
MUESTRA	PIEDRA CHINCADA
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
6782	6700	3082	2141	1442	
6796	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



	UNIDAD DE MEDIDA DE CONCRETO ADPOSITIVA (AC 211.1.01) F_c = 200 kg/cm²	Unidad:	CMC (CUBOS)
		Norma:	01
		Fecha:	15/06/2011
		Página:	1 de 4

Proyecto: "Obras de mejoramiento de la infraestructura vial en el sector de..."
Ubicación: Calle...
Cliente: ...
Diseño de proyecto: ...
Elaboración de Proyecto: ...
Revisión: ...

PROCESO DE UNIDAD DE MEDIDA TECNICAL CONCRETO CONVENCIONAL

El material de concreto se conforma a la siguiente composición en kg
 para un volumen de 0.025 m³ (25 litros) de concreto:

Agua:	1.5	kg
Cemento:	1.5	kg
Grava:	1.5	kg
Arena:	1.5	kg

Este material de concreto se utilizará en la construcción de...

CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES

CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES (CMC)



CONSTRUCCIÓN DE LOS MUESTRAS

UNIDAD DE LABORATORIO			
GRUPO	Unidad	kg. Grava	kg. Arena
1	1	1.5	1.5
2	2	1.5	1.5
3	3	1.5	1.5
4	4	1.5	1.5
5	5	1.5	1.5
6	6	1.5	1.5
7	7	1.5	1.5
8	8	1.5	1.5

Este material de concreto se utilizará en la construcción de...

CONSTRUCCIÓN DE LAS UNIDADES		
BECOSA S.A.S. INGENIERIA CIVIL	...	...

	CONCRETO DE MEDIDA DE CONCRETO INFORMATIVA (AL 311 1 21) F_{ck} = 340 kg/cm²	Estado:	PRELIMINAR
		Fecha:	21
		Proyecto:	100-0000
		Planta:	1 de 4

Nombre: [Blank] **Descripción:** [Blank]
Código de Proyecto: [Blank] **Ubicación de Proyecto:** [Blank] **Fecha de Emisión:** [Blank]
Elaborado por: [Blank] **Revisado por:** [Blank]
Aprobado por: [Blank] **Revisado por:** [Blank]

El espesor mínimo requerido para este tipo de adoquines es de **100 mm**.

1- DIMENSIONES DEL ADOQUE

Este tipo de adoquines se fabrican en una planta de producción de adoquines, donde se aplica el método de vibración y compactación en moldes.



2- DIMENSIONES DEL ADOQUE

Este tipo de adoquines se fabrican en una planta de producción de adoquines, donde se aplica el método de vibración y compactación en moldes.



3- DIMENSIONES DEL ADOQUE

Este tipo de adoquines se fabrican en una planta de producción de adoquines, donde se aplica el método de vibración y compactación en moldes.



4- DIMENSIONES DEL ADOQUE

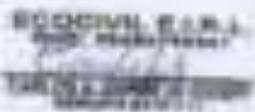
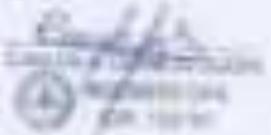
Este tipo de adoquines se fabrican en una planta de producción de adoquines, donde se aplica el método de vibración y compactación en moldes.



5- DIMENSIONES DEL ADOQUE PARA EL REFORZAMIENTO DEL ADOQUE

El espesor mínimo requerido para este tipo de adoquines es de **100 mm**. El espesor mínimo requerido para este tipo de adoquines es de **100 mm**. El espesor mínimo requerido para este tipo de adoquines es de **100 mm**.



Nombre del Proyecto	Ubicación	Fecha
		

	FORMA DE MEZCLA DE CONCRETO HEMIFACTUALIZADA (211.3.01) F_o = 340 kg/m³	Estado: BOGOTÁ Versión: 01 Fecha: 05-04-2021 Página: 1 de 4
---	---	--

Proyecto: **Proyecto de obras de mejoramiento de infraestructura de transporte**
 Subproyecto: **Mejoramiento de la infraestructura de transporte**
 Obra: **Mejoramiento de la infraestructura de transporte**
 Contrato: **1111111111**
 Unidad de Proyecto: **1111111111**
 Fecha de Emisión: **05-04-2021**
 Autorizado por: **[Firma]**
 Emitido por: **[Firma]**

1. CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO

Se cuantifican los materiales de la mezcla de concreto para el volumen requerido de concreto en el proyecto, considerando el tipo de concreto y el tipo de estructura a construir. La cantidad de agua necesaria se genera de acuerdo al tipo de estructura a construir y el tipo de concreto.

Se debe considerar el tipo de concreto y el tipo de estructura a construir, considerando el volumen requerido de concreto en el proyecto. Se debe utilizar el tipo de concreto y el tipo de estructura.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO COMERCIAL	VALOR
Agua	100	1.00	100.00
Cemento	100	1.00	100.00
Grava	100	1.00	100.00
Arena	100	1.00	100.00
TOTAL	400	4.00	400.00

2. VALORES DEL CONCRETO

Se debe considerar el tipo de concreto y el tipo de estructura a construir, considerando el volumen requerido de concreto en el proyecto. Se debe utilizar el tipo de concreto y el tipo de estructura.

CONCRETO	100	1.00	100.00
-----------------	------------	-------------	---------------

3. VALORES DEL AGREGADO

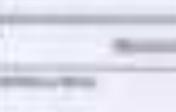
Se debe considerar el tipo de agregado y el tipo de estructura a construir, considerando el volumen requerido de agregado en el proyecto. Se debe utilizar el tipo de agregado y el tipo de estructura.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO COMERCIAL	VALOR
Grava	100	1.00	100.00
Arena	100	1.00	100.00

4. VALORES DEL AGREGADO

Se debe considerar el tipo de agregado y el tipo de estructura a construir, considerando el volumen requerido de agregado en el proyecto. Se debe utilizar el tipo de agregado y el tipo de estructura.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO COMERCIAL	VALOR
Grava	100	1.00	100.00
Arena	100	1.00	100.00

	FORMA DE MEZCLA DE CONCRETO HEMIFACTUALIZADA (211.3.01) F_o = 340 kg/m³	Estado: BOGOTÁ Versión: 01 Fecha: 05-04-2021 Página: 1 de 4
---	---	--

	ENSAYO DE RESISTENCIA DE COMPRESION	Fecha:	09/05/2024
	CONCRETO (20194-130)	Objeto:	SI
	f'c = 300 kg/cm²	Muestra:	20.00.0001
		Edad:	28 días

Objeto: [Blank] / [Blank]
 Ubicación: [Blank]
 Cliente: [Blank]
 Laboratorio: [Blank]
 Fecha de Emisión: [Blank]

El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTC 5000

ÁREA DE PRUEBA: 100 x 100 mm

RESUMEN

Componente	Densidad aparente (kg/m ³)	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la tracción (kg/cm ²)	Modulo de elasticidad (kg/cm ²)
Medio	2400	300	10	1.5e6
Superficie	2400	300	10	1.5e6
Resistencia a la tracción	2400	300	10	1.5e6
Resistencia a la compresión	2400	300	10	1.5e6
Modulo de elasticidad	2400	300	10	1.5e6

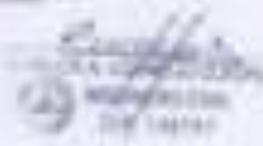
RESUMEN DE RESULTADOS

Característica	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión	300	kg/cm ²
Resistencia a la tracción	10	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	1.5e6	kg/cm ²

RESUMEN DE RESULTADOS PARA EL DISEÑO

Característica	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión	300	kg/cm ²
Resistencia a la tracción	10	kg/cm ²
Modulo de elasticidad	1.5e6	kg/cm ²

Observaciones: El ensayo se realizó de acuerdo a la norma NTC 5000 y se aplicó un factor de seguridad de 1.5. Los resultados se muestran en el presente informe.

	
---	---

	TIPO DE MEZCLA DE CONCRETO INFORMATIVO (M31.1.01) Fc = 340 kg/cm² y 18% Caucho Granulado	Estado:	BOGOTÁ
		Sección:	01
		Fecha:	20/06/2017
		Página:	1 de 2

Proyecto: "Obras de mejoramiento de la infraestructura de tránsito"
Subproyecto: "Calle Ciudad Bolívar"
Ubicación del Proyecto: Calle Ciudad Bolívar, Barrio Bolívar, Aldea Real
Nombre del Cliente: "Aldea Real"
Responsable del Proyecto: "Aldea Real"
Fecha de Emisión: "20/06/2017"

PROCESO DE DISEÑO DE MEZCLA TRADICIONAL DE CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CEMENTO AL 18% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO

El requerimiento inicial de cemento y la capacidad máxima de la Fc = 340 kg/cm² y 18% Caucho Granulado para la fabricación de adoquines de concreto.
 La resistencia de diseño para el adoquín de concreto es $f'_{cd} = 27$ a $f'_{cd} = 29$ kg/cm² a 28 días.

Debido a las condiciones de trabajo, se utilizó el método de ensayo de cilindros verticales y se determinó la resistencia de diseño de los cilindros de concreto.

Una probeta con el tamaño nominal de **150 x 150 x 300 mm**.

Se realizó el ensayo de resistencia de los cilindros de concreto con los resultados obtenidos en el ensayo, se determinó la resistencia de diseño de los cilindros de concreto.

COMPOSICIÓN DEL CONCRETO DEL ADQUIN

(Cemento Portland Tipo I/A)

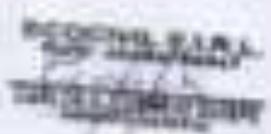
Porcentaje	100	100
Porcentaje de Caucho Granulado	18	18

COMPOSICIÓN DE LOS ADQUINES

ENSAYO DE LABORATORIO			
PROBETA	EDAD	Kg. Agua	Kg. Fc
Adoquín (Cemento Portland)	28	1.00	1.17
TC1	28	1.00	1.17
TC2	28	1.00	1.17
TC3	28	1.00	1.17
TC4	28	1.00	1.17
TC5	28	1.00	1.17
TC6	28	1.00	1.17
TC7	28	1.00	1.17
TC8	28	1.00	1.17

Los resultados obtenidos en el ensayo de los cilindros de concreto.

La resistencia de diseño de los cilindros de concreto es $f'_{cd} = 27$ a $f'_{cd} = 29$ kg/cm² a 28 días.

OTROS USOS		
Autorización: 	Aprobación: 	Emisión: 

	ORDEN DE MEDIDA DE CONCRETO NOMINATIVO (M3) (21.5 m³) Fc = 340 kg/cm² c/ 15% Caucho Granulado	Estado	BOGOTÁ
		Sección	01
		Fecha	20-09-2021
		Folio	1 de 1

Proyecto: **Tramo sur de la línea de tránsito en el sistema de tránsito**
 Sistema: **Alberca de Agua**
 Dirección: **Alberca de Agua**
 Cliente: **ECOMEX S.A.S.**
 Dirección de Proyecto: **Proyectos**
 Fecha de Emisión: **20-09-2021**
 Autorización: **Alberca de Agua**
 Emisor: **Alberca de Agua**
 Fecha de Emisión: **20-09-2021**

El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1. CONTENIDO DEL ORDEN

El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1.000 m³ de concreto

2. CONTENIDO DEL ORDEN

El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1.000 m³ de concreto

3. CONTENIDO DEL ORDEN

El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1.000 m³ de concreto

4. CONTENIDO DEL ORDEN

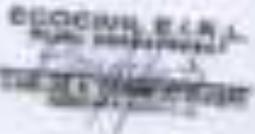
El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1.000 m³ de concreto

5. CONTENIDO DEL ORDEN PARA EL MEDIDO DEL ORDEN

El presente documento es válido para el uso de **1.000** m³ de concreto.

1.000 m³ de concreto

ORDEN DE MEDIDA		
Identificación	Descripción	Observaciones
		

	ORDEN DE MEDIDA DE CONCRETO	Orden	000-000-000
	NOMINATIVA (001 211 1 01)	Items	01
	7 x 4 = 280 kg/m² al 10% Caucho Granulado	Costo	10.440.000
		Página	1 de 1

Proyecto: "Cambio de adoquines en el área de..."
Orden: 000-000-000
Orden N°: 001 211 1 01
Fecha de emisión: 10/05/2021
Elaborado por: [Nombre]
Revisado por: [Nombre]
Fecha de revisión: 10/05/2021

4. VOLUMEN DE ADOPCIÓN DEL CONCRETO

Este valor representa los volúmenes de adoquines, cemento y agregado grueso, los volúmenes volúmenes en m³ de concreto ordenado de obra y este volumen se utilizará el área de adoquines de obra para el cálculo de los volúmenes de concreto y agregado.

Los datos de volumen de adoquines, cemento y agregado grueso se determinan y se convierten al volumen de concreto de obra de acuerdo a los datos de los volúmenes de adoquines de obra de acuerdo a la siguiente tabla:

DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	VOL. CONCRETO
Adoquines de obra	100	m ²	0.100
Cemento	100	m ³	0.100
Agregado grueso	100	m ³	0.100
TOTAL			0.300

5. VOLUMEN DE ADOPCIÓN DEL CEMENTO

Este valor se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V_{\text{Cemento}} = \frac{V_{\text{Concreto}} \times \rho_{\text{Cemento}}}{\rho_{\text{Concreto}}}$$

6. VOLUMEN DE ADOPCIÓN DEL AGREGADO

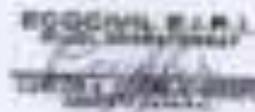
Este valor se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VOL. CONCRETO
Adoquines de obra	m ²	100	0.100
Cemento	m ³	100	0.100
Agregado grueso	m ³	100	0.100

7. VOLUMEN DE ADOPCIÓN DEL AGREGADO

Este valor se determina de acuerdo a la siguiente fórmula:

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VOL. CONCRETO
Adoquines de obra	m ²	100	0.100
Cemento	m ³	100	0.100
Agregado grueso	m ³	100	0.100

AUTORIZACIONES		
ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR
 BOGOTAN, B.L.M. 2021-05-10		 [Nombre] [Cargo] C.R. 100101

	ORDEN DE MUESTRA DE CONCRETO	Orden: 000000001
	NÚMERO DE MUESTRA (2023/01/01)	Muestra: 01
	F_c = 30 kg/cm² a 14% Cemento Reciclado	Fecha: 20/08/2023
		Hoja: 4 de 4

Proyecto: [Blank] / Ubicación: [Blank]
 Cliente: [Blank] / Responsable: [Blank]
 Dirección de Proyecto: [Blank] / Fecha de Emisión: [Blank]

Para más información de este documento consulte el código de barras: 

000000001 / 000000001 / 000000001

1.- DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL AL QUE SE LE APLICARÁ EL CONCRETO (TIPO Y CANTIDAD DE CEMENTO)

CONCRETO DE FORTALECIMIENTO

DESCRIPCIÓN	TIPO DE CEMENTO	CANTIDAD	% CEMENTO	VOLUMEN
Fortalecimiento	OPC	1.00	100%	1.00
Fortalecimiento	OPC	1.00	100%	1.00
TOTAL		2.00	100%	2.00

CONCRETO DE FORTALECIMIENTO

DESCRIPCIÓN	TIPO DE CEMENTO	CANTIDAD	% CEMENTO	VOLUMEN
Fortalecimiento	OPC	1.00	100%	1.00
Fortalecimiento	OPC	1.00	100%	1.00
TOTAL		2.00	100%	2.00

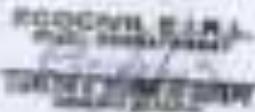
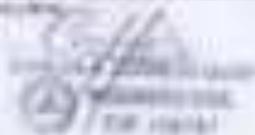
2.- DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL AL QUE SE LE APLICARÁ EL CONCRETO (TIPO Y CANTIDAD DE CEMENTO)

CONCRETO DE FORTALECIMIENTO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLUMEN
Fortalecimiento	1.00	1.00
Fortalecimiento	1.00	1.00
TOTAL	2.00	2.00

CONCRETO DE FORTALECIMIENTO

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VOLUMEN
Fortalecimiento	1.00	1.00
Fortalecimiento	1.00	1.00
TOTAL	2.00	2.00

		
---	--	---

	TIPO DE MEZCLA DE CONCRETO NOMINATIVA (AC 210 2 R 1) Fc = 340 kg/cm ² y 18% Caucho Reciclado	Clase:	SEM-4 (2000)
		Grado:	25
		Fecha:	20-06-2021
		Firma:	[Firma]

Proyecto: [Nombre del Proyecto]
 Ubicación: [Dirección]
 Cliente: [Nombre del Cliente]
 Elaborado por: [Nombre del Ingeniero]
 Revisado por: [Nombre del Ingeniero]
 Fecha de Emisión: [Fecha]

COMPOSICIÓN

ALIMENTO	CONCENTRACION EN PPM (2000 PPM 4) (20 27 kg)	CONCENTRACION EN VOLUMEN (2000 22%)	CONCENTRACION EN PPM (2000 PPM 4) (20 27 kg)	ADITIVO
Cemento	117	1.20	1.20	1.20
Agua	100	0.22	100	1.00
Gravilla gruesa	800	1.00	811	1.00
Gravilla fina	800	1.00	800	1.00
Caucho Reciclado	18	0.22	21	0.22
TOTAL	1125		1125	

Tabla 1. Composición de la mezcla de concreto

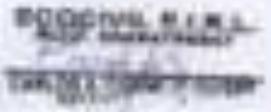
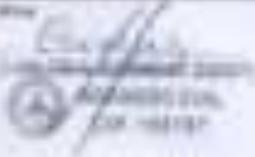
COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

Cemento	117
Agua	100
Gravilla gruesa	800
Gravilla fina	800
Caucho Reciclado	18

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO

Cemento	117
Agua	100
Gravilla gruesa	800
Gravilla fina	800
Caucho Reciclado	18

Nota: El presente diseño de mezcla se realizó en base a los datos de los ensayos de laboratorio y se recomienda aplicarlos a los 27 kg de cemento, para el control de la proporción de los materiales, teniendo en cuenta los factores de conversión.

Proyecto	Ubicación	Fecha
		

	DISEÑO DE MOJOLA DE CONCRETO	Clase	INDUSTRIAL
	SUBSTITUCIÓN (ART. 211 T. 811)	Área	21
	f₁ = 240 kg/cm² y f₂ = Caucho Granulado	Fecha	09/04/2017
		Edición	1 de 1

Proyecto: "Cambio de adoquines de concreto de sistema de drenaje"
Ubicación: Calle 100 y Calle 101, Bogotá, D.C.
Cliente: ECOMIX S.A.S.
Diseño de estructura: ECOMIX S.A.S.
Ubicación de Proyecto: Calle 100 y Calle 101
Fecha de Emisión: 09/04/2017

PROCESO DE DISEÑO DE MOJOLAS TÉCNICO DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE CAUCHO EN UNO DE LOS COMPONENTES DEL MORTAR

El mortero de cemento de resistencia a la compresión proyectada de 240 kg/cm² se sustituye por mortero de resistencia proyectada de 240 kg/cm².

Las propiedades de resistencia proyectada al deslizamiento de f₁ = 240 kg/cm² y f₂ = Caucho Granulado.

Este diseño de estructura proyecta, de acuerdo al área asignada de trabajo, el volumen de materiales requeridos, y se entrega con las especificaciones.

Este proyecto está al servicio de la comunidad en **T.M.B. 07 223494**.

Antes de iniciar las actividades de las etapas anteriores del proyecto, se debe verificar la disponibilidad de los materiales y la capacidad de los proveedores.

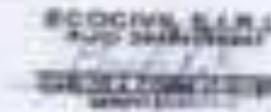
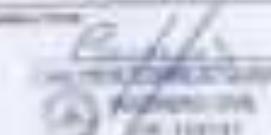
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DEL MORTAR

Porcentaje	100	100
Resistencia proyectada	240	240

RESUMEN DE LOS MATERIALES

RESUMEN DE LOS MATERIALES			
Material	Unidad	kg. Requerido	kg. Total
Cemento	m ³	1.20	1.20
Agua	m ³	0.60	0.60
Grava	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20
Gravilla	m ³	1.20	1.20

Este proyecto está al servicio de la comunidad en **T.M.B. 07 223494**.

COMPROBACIONES		
PROYECTANTE	REVISOR	AUTORIZADO
 ECOMIX S.A.S. Calle 100 y Calle 101 Bogotá, D.C.		 Autorizado 14/10/17

	TRINCHES DE MEZCLA DE CONCRETO	Estado:	BOGOTÁ
	BOGOTÁ (CALLE 101 N. 101)	Vereda:	91
	F₁ = 300 kg/m² de 10% Caucho Granulado	Fecha:	05 DE JUNIO DE 2017
		Hoja:	1 DE 1

Propósito: Trinchas para el acceso vehicular en obras de urbanización.
Ubicación: Urbanización La Estrella, Barrio La Estrella, Bogotá.
Objeto del contrato: ...
Ubicación del Proyecto: ...
Fecha de Emisión: ...

El área total de las trinchas es de **1.000,00 m²** (1.000,00 m²).

1. DESCRIPCIÓN DE OBRAS

Trincha para el acceso vehicular en obra de urbanización, con un ancho de 2,00 m y una longitud de 500,00 m.



2. DESCRIPCIÓN DE OBRAS

Trincha para el acceso vehicular en obra de urbanización, con un ancho de 2,00 m y una longitud de 500,00 m.



3. DESCRIPCIÓN DE OBRAS

Trincha para el acceso vehicular en obra de urbanización, con un ancho de 2,00 m y una longitud de 500,00 m.



4. DESCRIPCIÓN DE OBRAS

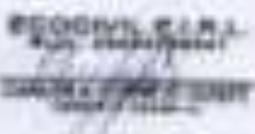
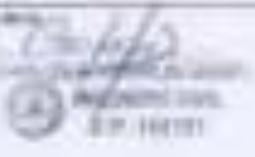
Trincha para el acceso vehicular en obra de urbanización, con un ancho de 2,00 m y una longitud de 500,00 m.



5. DESCRIPCIÓN DE OBRAS

Trincha para el acceso vehicular en obra de urbanización, con un ancho de 2,00 m y una longitud de 500,00 m.



FOLIO 100		
PROYECTO	FECHA	ESTADO
		

	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO NOMINATIVA (ACUERDO N°)	Fecha:	08/02/2021
	Fc = 240 kg/cm² y 10% Caucho Reciclado	Medida:	01
		Proyecto:	00-00-0001
		Planta:	1 de 1

Proyecto: (Obras de urbanización de zonas urbanas en expansión de concreto)
 Ubicación: (Calle Comercio Sur, Barrio/Urbanización: Barrio Sur)
 Cliente: (Municipalidad de Lima)
 Dirección de Proyecto: (Ingeniería)
 Fecha de Emisión: (08/02/2021)
 Elaborado por: (Ingeniero)
 Revisado por: (Ingeniero)

1. CUANTIFICACIÓN DE MATERIALES PARA LA MEZCLA DE CONCRETO

Se determinaron los volúmenes de agua, cemento y grava para el concreto, basándose en los datos de resistencia característica de agua y de grava, la cantidad de agua requerida al agua requerida en base al contenido máximo de agua (Límite Máximo).

Se determinó el volumen de agua, cemento y grava para el concreto, basándose en los datos de resistencia característica de agua y grava. Se determinó el contenido de agua requerido.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	VOLUMEN
Agua requerida por el agua	1.00	1.00	1.00
Agua requerida por la grava	1.00	1.00	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00	1.00	1.00
Agua requerida por el agua y grava	1.00	1.00	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00	1.00	1.00
VOLUMEN TOTAL	1.00	1.00	1.00

2. CUANTIFICACIÓN DE AGUA

Se determinó el volumen de agua requerido para el concreto, basándose en los datos de resistencia característica de agua y grava.

Agua requerida por el agua	1.00
Agua requerida por la grava	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00
Agua requerida por el agua y grava	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00
VOLUMEN TOTAL	1.00

3. CUANTIFICACIÓN DE CEMENTO

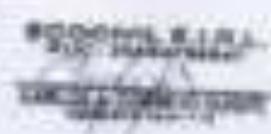
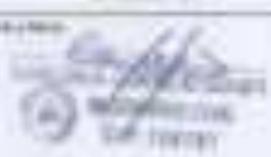
Se determinó el volumen de cemento requerido para el concreto, basándose en los datos de resistencia característica de agua y grava.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN	% AGREGADO	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
Agua requerida por el agua	1.00	100	1.00
Agua requerida por la grava	1.00	100	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00	100	1.00

4. CUANTIFICACIÓN DE GRAVA

Se determinó el volumen de grava requerido para el concreto, basándose en los datos de resistencia característica de agua y grava.

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN	% AGREGADO	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA
Agua requerida por el agua	1.00	100	1.00
Agua requerida por la grava	1.00	100	1.00
Agua requerida por el cemento	1.00	100	1.00

FIRMAS		
DISEÑADOR	ELABORADOR	REVISOR
		

	ENSAYO DE MEZCLA DE CONCRETO	Fecha:	20/02/2021
	NORMA ASTM (C 1363)	Medida:	SI
	F _c = 240 kg/cm ² a 10% de Caucho Reciclado	Problema:	10-000001
		Objeto:	6 de 2

Proyecto: / Obras nuevas de pavimento flexible en autopistas de acceso
 Ubicación: / Jalisco, México, Estado de Jalisco
 Cliente: /
 Laboratorio: /
 Fecha de Emisión: /
 Fecha de Validación: /
 Fecha de Expiración: /

El ensayo se realizó en el día 20 de febrero del 2021 a las 08:00 AM

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES DE CONCRETO

1.- DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DEL AGREGADO EN LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA

MEZCLA DE PAVIMENTO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLUMEN	% VOLUMEN	VOLUMEN
Aggregado grueso	m ³	1.10	33.33%	1.10
Aggregado fino	m ³	1.10	33.33%	1.10
TOTAL AGREGADO (CANTIDAD NOMINADA)		2.20	66.66%	2.20

MEZCLA DE PAVIMENTO

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLUMEN	% VOLUMEN	VOLUMEN
Aggregado grueso	m ³	1.10	33.33%	1.10
Aggregado fino	m ³	1.10	33.33%	1.10
TOTAL AGREGADO (CANTIDAD NOMINADA)		2.20	66.66%	2.20

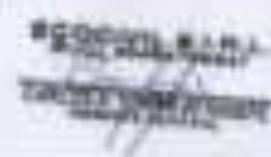
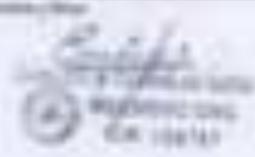
2.- DISTRIBUCIÓN DEL VOLUMEN DEL AGREGADO EN LOS COMPONENTES DE LA MEZCLA

MEZCLA DE PAVIMENTO

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN	UNIDAD
Aggregado grueso	1.10	m ³
Aggregado fino	1.10	m ³
TOTAL AGREGADO	2.20	m³

MEZCLA DE PAVIMENTO

DESCRIPCIÓN	VOLUMEN	UNIDAD
Aggregado grueso	1.10	m ³
Aggregado fino	1.10	m ³
TOTAL AGREGADO	2.20	m³

OTROS DATOS		
REVISADO POR	ELABORADO POR	EMISOR
		

	ESPEC DE MEZCLA DE CONCRETO NORMATIVA (ACI 308.1R-03) F₁ = 200 kg/m³ de FEN Caucho Granulado	Estado:	2000-000-001
		Revista:	01
		Fecha:	20-09-2007
		Página:	5 de 5

Proyecto: (Detalle del plan de reparto de obras de construcción de concreto)
Sub-proyecto: (Detalle de obra de concreto)
Ubicación de proyecto: (Detalle de obra de concreto)
Nombre de obra: (Detalle de obra de concreto)

Elaborado por: (Nombre)
Revisado por: (Nombre)
Fecha de revisión: (Fecha)

COMPOSICIÓN

Componente	COMPOSICIÓN DE FENAL (kg/m ³)	COMPOSICIÓN DE FENAL (kg/m ³)	COMPOSICIÓN DE FENAL (kg/m ³)	RESERVA
Cemento	300	300	300	300
Agua	180	180	180	180
Agregado grueso	1000	1000	1000	1000
Agregado fino	600	600	600	600
Caucho Granulado	200	200	200	200
Res	100	100	100	100

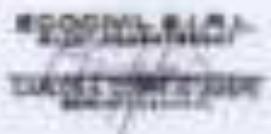
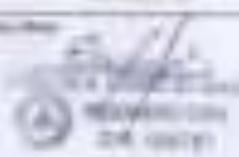
RESERVA DE FENAL

Componente	RESERVA (kg/m ³)
Cemento	300
Agua	180
Agregado grueso	1000
Agregado fino	600
Caucho Granulado	200

RESERVA DE FENAL PARA EL CONCRETO

Componente	RESERVA (kg/m ³)
Cemento	300
Agua	180
Agregado grueso	1000
Agregado fino	600
Caucho Granulado	200

NOTA: El presente diseño de mezcla de concreto según ACI 308.1R-03 y ACI 308.1R-03 se basa en los parámetros de laboratorio y en el uso de los datos de laboratorio para el desarrollo, resistencia y durabilidad.

Nombre del Proyecto	Nombre del Cliente	Logo
		

	UNIDAD DE MEDIDA DE CONCRETO NOBILITATE (MILITARE) Fx e 340 kg/m³ al 20% Caucho Granulado	Código:	000-010-001
		Estado:	SI
		Fecha:	25-09-2021
		Página:	1 de 2

Nombre: **Unidad de Medida de Concreto Nobilitate (Militare)**
 Referencia: **Unidad de Medida de Concreto Nobilitate (Militare)**
 Tipo de Proyecto: **---**
 Ubicación del Proyecto: **---**
 Fecha de Emisión: **---**
 Modificado: **Unidad de Medida de Concreto Nobilitate (Militare)**
 Revisado por: **Unidad de Medida de Concreto Nobilitate (Militare)**
 Fecha de Revisión: **---**

PROCESO DE UNIDAD DE MEDIDA TECNICA DEL CONCRETO CON SUSTITUCION DE CAUCHO AL 20% DEL VOLUMEN DEL AGREGADO

El presente documento tiene como objetivo la sustitución de caucho al 20% del volumen del agregado en la mezcla de concreto para el tipo de obra: **---**

Las condiciones de referencia para el concreto son: **---**

Este es un tipo de agregado grueso, se utilizó en una proporción de **---** y se sustituyó por caucho al 20% del volumen del agregado grueso.

Comprimidos para el análisis de laboratorio de **---**

Se debe de indicar en el momento de la entrega de los datos de laboratorio, indicando el tipo de muestra y el tipo de muestra de concreto a utilizar.

CONSTITUCION DEL DISEÑO DEL DISEÑO

CONCRETO FORTALECIDO CON CAUCHO AL 20%

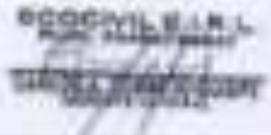
Porcentaje de Caucho	20%	---
Porcentaje de Agregado Grueso	40%	---

CONSTITUCION DE LOS AGREGADOS

ANÁLISIS DE LABORATORIO			
AGREGADO	Unidad	Ag. Grueso	Ag. Fino
Aggregado Grueso (Módulo)	---	1.00	1.00
Aggregado Fino	---	1.00	1.00
Aggregado Grueso	---	1.00	1.00
Aggregado Fino	---	1.00	1.00
Aggregado Grueso	---	1.00	1.00
Aggregado Fino	---	1.00	1.00

Los datos de laboratorio de laboratorio de **---**

1. Tipo de agregado grueso de concreto, se utilizó en una proporción de **---**

UNIDAD DE MEDIDA		
		

	SERVIÇO DE MEDIDA DE CONCRETO NORMATIVO (ACR 211-17) Fc = 240 kg/cm² el 20% Caucho Granulado	Orden: 0000000001
		Estado: 01
		Fecha: 09-04-2017
		Pagina: 2 de 2

Objeto: "Obras de pavimento de adoquines renovables en el sector de..."
 Subsector: "Sector de..."
 Municipio: "Municipio de..."
 Unidad de Proyecto: "Unidad de Proyecto..."
 Tipo de Proyecto: "Tipo de Proyecto..."

Diseñado por: "Nombre del Diseñador"
 Revisado por: "Nombre del Revisor"
 Autorizado por: "Nombre del Autorizado"

1. Adoquines granulares de caucho reciclado con un peso de **1.000 g** y un tamaño de **100 mm x 100 mm x 20 mm**.

2. CONTENIDO DE AGUA

El contenido de agua se determinará en un ensayo de laboratorio según el método ASTM C 138, de acuerdo al tipo de material que se utilice.

$$W = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100 \quad \text{g/g}$$

3. CONTENIDO DE ARENA

El contenido de arena se determinará en un ensayo de laboratorio según el método ASTM C 136, de acuerdo al tipo de material que se utilice.

$$A = \frac{m_3 - m_4}{m_2 - m_1} \times 100 \quad \text{g/g}$$

4. DENSIDAD DE LA MEZCLA

El peso de la mezcla se determinará en un ensayo de laboratorio según el método ASTM C 138, de acuerdo al tipo de material que se utilice.

$$D = \frac{W}{V} \quad \text{g/cm}^3$$

5. CONTENIDO DE AGUA EN EL MEZCLADO

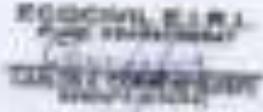
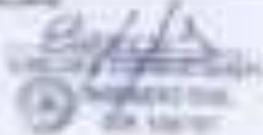
El contenido de agua en el mezclado se determinará en un ensayo de laboratorio según el método ASTM C 138, de acuerdo al tipo de material que se utilice.

$$W_{mezclado} = \frac{m_5 - m_6}{m_2 - m_1} \times 100 \quad \text{g/g}$$

6. DENSIDAD DE LA MEZCLA EN EL MEZCLADO

El contenido de agua en el mezclado se determinará en un ensayo de laboratorio según el método ASTM C 138, de acuerdo al tipo de material que se utilice.

$$D_{mezclado} = \frac{W_{mezclado}}{V} \quad \text{g/cm}^3$$

Ecodeco S.A.S.		
Identificación	Descripción	Observaciones
		

	SISTEMA DE MEZCLA DE CONCRETO NOVENATA (MCC 27/1.01) Fc + 340 kg/m³ y 30% Caucho Granulado	Código: 000000001
		Versión: 01
		Fecha: 20-08-2021
		Página: 1 de 5

Proyecto: / Obra nueva de adoquines con base de concreto de adoquines
Entidad: / Calle Caracas 2000
Ubicación: / Avenida Boyacá, Aldea Real
Administración: / Aldea Real
Revisión: / Unidad 5, Unidad 6
Fecha de Emisión: / 20/08/2021

1. DESCRIPCIÓN DE LA MEZCLA Y DEL CONCRETO DE ADOSADO

Se ha determinado la cantidad de agua necesaria y proporción grama de cemento de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado. La cantidad de agua necesaria se calcula de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado.

Se ha determinado la cantidad de agua necesaria y proporción grama de cemento de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado. La cantidad de agua necesaria se calcula de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PROPORCIÓN	VOLUMEN
Adoquines Granulados de 10mm	100	100	1.00
Adoquines Granulados de 20mm	100	100	1.00
Adoquines Granulados de 40mm	100	100	1.00
Adoquines Granulados de 80mm	100	100	1.00
Adoquines Granulados de 150mm	100	100	1.00
TOTAL	500	500	5.00

VOLUMEN DEL CONCRETO DE ADOSADO

Se ha determinado la cantidad de agua necesaria y proporción grama de cemento de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado.

$$\text{Volumen de Adoquines} = 100 \times 100 \times 100 = 1.000 \text{ m}^3$$

2. CANTIDAD DE AGUA

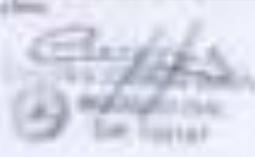
Se ha determinado la cantidad de agua necesaria y proporción grama de cemento de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado.

DESCRIPCIÓN	PROPORCIÓN	CANTIDAD	PROPORCIÓN
Adoquines Granulados de 10mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 20mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 40mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 80mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 150mm	100	100	100

3. CANTIDAD DE CEMENTO

Se ha determinado la cantidad de agua necesaria y proporción grama de cemento de acuerdo a los datos de ensayo y el tipo de agregado.

DESCRIPCIÓN	PROPORCIÓN	CANTIDAD	PROPORCIÓN
Adoquines Granulados de 10mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 20mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 40mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 80mm	100	100	100
Adoquines Granulados de 150mm	100	100	100

ECOMIX S.A.S. Calle Caracas 2000 Aldea Real		
Firmado por: 	Firmado por: (Empty space for signature)	Firmado por: 

	SISTEMA DE MEZCLA DE CONCRETO	Unidad:	MEC/1000/001
	INICIATIVA (ACCIONES)	Modelo:	01
	Fc = 340 kg/cm² y 30% Caucho Granulado	Fecha:	20/06/2021
		Plazo:	480 D.

Proyecto: [Illegible]
Ubicación: [Illegible]
Objeto del Proyecto: [Illegible]
Forma de Contrato: [Illegible]

Elaborado por: [Illegible]
Revisado por: [Illegible]
Fecha de Emisión: 20/06/2021

Nota: [Illegible]
Porcentaje de agregado de agua: [Illegible]

FORMA DE ENTREGA: [Illegible]

1.- DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL A UTILIZAR EN EL VOLÚMEN DE ARMADURA Y ENTRENADO DEBIDO

MEZCLA DE PASTA DEBIDA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLÚMEN	% ENTRENADO	VOLÚMEN
Gravilla gruesa	m ³	1.10	30%	0.33
Gravilla fina	m ³	1.10	30%	0.33
TOTAL DEL CEMENTO GRANULADO		2.20	30%	0.66

MEZCLA DE PASTA DEBIDA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VOLÚMEN	% ENTRENADO	VOLÚMEN
Gravilla gruesa	m ³	1.10	30%	0.33
Gravilla fina	m ³	1.10	30%	0.33
TOTAL DEL CEMENTO GRANULADO		2.20	30%	0.66

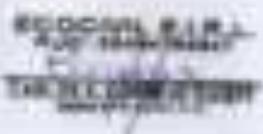
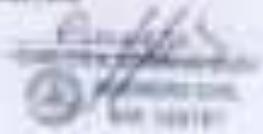
2.- DESCRIPCIÓN DEL ARMADURA DEBIDA Y ENTRENADO DEBIDO

MEZCLA DEBIDA

DESCRIPCIÓN	VOLÚMEN	% ENTRENADO
Gravilla gruesa	1.10	30%
Gravilla fina	1.10	30%
TOTAL DEL CEMENTO GRANULADO	2.20	30%

MEZCLA DEBIDA

DESCRIPCIÓN	VOLÚMEN	% ENTRENADO
Gravilla gruesa	1.10	30%
Gravilla fina	1.10	30%
TOTAL DEL CEMENTO GRANULADO	2.20	30%

PROYECTO	UBICACIÓN	FECHA
		

	TITULO DE MEZCLA DE CONCRETOS INDICATIVA (MCM 2011.81) F₁ + 340 kg/m³ de 30% Caucho Reciclado	Volumen: 0.0100000000
		Volumen: 0.01
		Fecha: 20-04-2021
		Pagina: 6 de 6

Nombre: [Blank] / Descripción: [Blank]
 Autor: [Blank] / Elaboración: [Blank]
 Cliente: [Blank] / Revisión: [Blank]
 Fecha de Emisión: [Blank] / Fecha de Validación: [Blank]

COMPOSICIÓN

ADITIVO	COMPOSICIÓN DE PISO (kg/m ³)	COMPOSICIÓN DE PISO (kg/m ³)	COMPOSICIÓN DE PISO (kg/m ³)	ADITIVO
Cemento	170	170	170	170
Agua	100	100	100	100
Gravilla gruesa	110	110	110	110
Gravilla fina	100	100	100	100
Caucho Reciclado	120	120	120	120
Total	400	400	400	400

NOTA: [Blank]

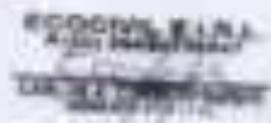
COMPOSICIÓN DE PISO

Cemento	170
Agua	100
Gravilla gruesa	110
Gravilla fina	100
Caucho Reciclado	120

COMPOSICIÓN DE PISO

Cemento	170
Agua	100
Gravilla gruesa	110
Gravilla fina	100
Caucho Reciclado	120

RECOMENDACIONES: [Blank]

	
---	---



A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.R. Ltda.

Mecánica de Suelos - Concrete - Asfalto - Retiro de Jeringas
Cimentaciones - Laboratorio - Canteras - Proyecto de Canteras

Finq. Av. Chocayan No. 73 y 11, 73P - San Carlos - Tumb. 074 - 225440 | Cel: 979170003 | 944070004
www.aandcexploraciongeotecnicasr.com | aexploracioningenierosr@gmail.com

BLOQUES DE CONCRETO PARA USO ESTRUCTURAL

STP - 205 802

SOLICITANTE : ADRIEL CARRILLO QUIROGA - MAMARI ROQUE MILTON RAAL
PROYECTO : EFECTO DEL USO DE CAUCHO RECICLADO EN ADQUINES DE CONCRETO
MUESTRA : ADQUINES DE CONCRETO 10 x 20 x 8 (DISEÑO CON 20% DE CAUCHO)
CERTIFICADO : LS - 093 - 02 - 21
FECHA : 14/09/2021

Mue	Fecha	Letura	Area Total	Area Huecos	Area Rellena	Resistencia	Area
Nº	Rolura	[Nal	cm ²	cm ²	cm ²		10
01	14/09/2021	18960			200.00	94.70	
02	14/09/2021	19470			200.00	97.30	

Observaciones:

A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA S.R.L.
[Signature]
Ingeniero Civil
Especialidad en Geotecnia

A&C EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y MECÁNICA S.R.L.
[Signature]
Cofundador
Ingeniero Civil
Especialidad en Geotecnia

Expediente: 20034
Solicitante: ESTUDIOS GEOTÉCNICOS Y ENSAYOS DE LABORATORIOS EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección: CALAQUIRETA N. 12314A NRO. 2001 (CENCA DE COMPAÑIA DE BOMBEROS) LAMBAYEQUE - HERRERA - PERÚ

Instrumento de Medición: BALANZA NO AUTOMÁTICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, así como las unidades de la medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitar la calibración se dispone 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.

Marca (o fabricante): OHAUS
Modelo: R21PE302H
Número de Serie: 8845372716
Procedencia: CHINA
Tipo: ELECTRÓNICO
Identificación: NO INDICA
Alcance de indicación: 0 g a 3000 g
División de escala (d): 1 g
o resolución:
Div. vent. de escala (e): 10 g
Capacidad Máxima: 300 g
Clase de exactitud: II

Uso. 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 II y Clase III" del SNI-INDICOM. Edición tercera - enero 2020.

Trazabilidad:

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

Patrones utilizados:

LM-C-041-2020; LM-C-045-2020; LM-C-065-2020; M-1038-2019; T-2889-2019

Sello



Fecha de emisión

2020-10-07

Sello del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL
JESUS QUINTO C
SITIO EL LAMBAYEQUE

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OMILACIÓN 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)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	14999	0,5	3,5	29999	0,5	3,4
2	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
3	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
4	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
5	14999	0,5	3,5	29999	0,5	3,4
6	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
7	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
8	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
9	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
10	14999	0,5	3,5	29999	0,8	3,4
	Carga (g)	Error -Emax (g)	e.m.p. (g)			
	15000	0,5	20			
	30000	0,8	30			

4	9
8	4

Posición
de los
Cargos

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.	
	Carga min. (g)	I (g)	ΔI (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)		E _c (g)
1	10	20	0,3	4,7	10000	9999	0,8	3,8	-1,1	20
2		20	0,4	4,6		9999	0,8	3,8	-1,0	20
3		20	0,3	4,7		9999	0,4	3,6	-1,1	20
4		20	0,4	4,6		9999	0,4	3,6	-1,0	20
5		20	0,4	4,6		9999	0,4	3,6	-1,0	20

ENSAJO DE PESAJE

Temperature	Initial	21.1 °C	Final	21.1 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga i (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e, mg
	i ₁ (g)	d ₁ (g)	f ₁ (g)	g ₁ (g)	i ₂ (g)	d ₂ (g)	f ₂ (g)	g ₂ (g)	
10	10	0,4	4,6						10
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
1000	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
13000	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	0,7	3,3	-1,3	24999	0,5	3,5	-1,1	20
30000	29999	0,7	3,3	-1,3	29999	0,7	3,3	-1,3	20

Depende: i: Carga anterior a la lectura f: Diferencia absoluta
 i₁: Medición de la crecencia f₁: Diferencia
 d₁: Carga anterior f₂: Diferencia

Incertidumbre expandida de medición: $U = 2 \times \sqrt{0,16547} + 0,0000000000000000$ #

Lectura corregida: $R_{correctada} = R + 0,0000071119$ #

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 utilizó un peso inicial de 29992 g para una peso pivote de 30000 g.



Fin del documento.