



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Efecto del caucho reciclado en la resistencia a
compresión en adoquines de concreto diseñados para
pavimentos articulados”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Chavarri Bazan, Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0001-6693-7611)

Rubio Calvay, Jeremias Marcos (ORCID: 0000-0002-6632-4978)

ASESOR:

Mg. Luis Aníbal, Cerna Rondón (ORCID: 0000-0001-7643-7848)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico Estructural

TRUJILLO –PERÚ

2020

DEDICATORIA

Para nuestros padres y hermanos que me brindan su apoyo incondicional y siempre están acompañándonos en cada triunfo y tropiezos de nuestras vidas, por depositarnos su confianza, brindarnos sus consejos, por todos los sacrificios que realizan y por ser incansables día tras día animándonos y alentándonos a seguir luchando las veces que sean necesarias para lograr realizar nuestra formación académica.

Así mismo a los educadores de la universidad Cesar Vallejo que se encargaron de fomentar conocimientos e incentivarnos a continuar la carrera profesional que hemos tomado y por brindarnos toda su experiencia, tiempo, sabiduría y conocimientos.

Profundamente agradecido se los dedica:

Los tesisistas.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar nuestro informe de investigación, es indispensable agradecer la colaboración de amigos e instituciones que han brindado la facilidad de los recursos para que sea posible la finalización de este documento, sin ellos hubiese sido imposible la finalización de este trabajo, por ello para nosotros es un placer expresarles nuestros más profundos agradecimientos.

Así mismos agradecer a Dios, a nuestros padres, hermanos y demás familiares que nos brindan su apoyo moral, económico y por su valioso sacrificio hemos podido culminar este informe de investigación.

A la Universidad Cesar Vallejo, que nos dio la facilidad para realizar dicho trabajo, brindándome acceso a sus bibliotecas y laboratorios para la investigación de todos los temas relacionados al tema investigado así mismo agradecemos a nuestros profesores y compañeros que nos han apoyaron con sus consejos y conocimientos que han servido para finalizar este informe de investigación.

Agradecemos de manera especial a nuestro docente, Farfán Córdova, Marlon Gastón y asesor Cerna Rondón, Luis Aníbal que ha brindado un aporte invaluable con su comprensión, apoyo y también cabe resaltar que sus enseñanzas han sido de mucha utilidad para el desarrollo del presente informe de investigación. Muchas gracias ingeniero.

Sin más que decir “muchas gracias a todos los contribuyentes”

Los tesisas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
3.1.1 Tipo de estudio.....	17
3.1.2 Diseño de investigación.....	18
3.2 Operacionalización de variables.....	19
3.3 Población y muestra.....	20
3.3.1 Población.....	20
3.3.2 Muestra.....	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	20
3.4.1 Técnicas.....	20
3.4.2 Instrumentos.....	20
3.4.3 Validez y confiabilidad.....	21
3.5 Procedimiento.....	22
3.6 Métodos de análisis de datos.....	24
3.7 Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS.....	26
4.1 Propiedades físicas de los materiales.....	26
4.2 Dosificación de los materiales.....	27
4.3 Materiales usados para 36 adoquines tipo I.....	30
4.4 Propiedades del concreto en estado fresco.....	30
4.5 Propiedades del concreto en estado endurecido.....	32
V. DISCUSIÓN.....	38

VI. CONCLUSIONES.	42
VII. RECOMENDACIONES.	43
VIII. REFERENCIAS	44
IX. ANEXOS.	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Propiedades físicas de los materiales	26
Tabla 2: Valores de diseño para 1m ³ de concreto para la muestra patrón de un adoquín tipo I.....	27
Tabla 3: Valores de diseño para 3 adoquines	28
Tabla 4: Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 3% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.....	28
Tabla 5:Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 5% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.....	29
Tabla 6: Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.....	29
Tabla 7: materiales usados para 36 adoquines tipo I.	30
Tabla 8: Propiedades del concreto en su estado fresco previo al curado.	30
Tabla 9: Resumen de los pesos unitarios y variación en % con relación a la muestra patrón.	31
Tabla 10: Propiedades del concreto en estado endurecido	33
Tabla 11: Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.	33
Tabla 12: resumen de las resistencias a la compresión promedio de los ensayos.....	34
Tabla 13: Resumen de las aplicaciones del adoquín según su nivel de solicitud y grupo de aplicación.....	54
Tabla 14: tipos de adoquín según su uso.....	54
Tabla 15: espesor nominal y resistencia a la compresión según el tipo de adoquín.	55
Tabla 16: Requerimientos mínimos para la fabricación de adoquines tipo I. ...	55
Tabla 17: cantidad de muestras según su porcentaje de caucho.....	56
Tabla 18: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximo de agregados.	59
Tabla 19: Relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto.	59
Tabla 20: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: pesos unitarios del concreto fresco con diferentes cantidades.....	32
Figura 2: Resistencia a la compresión a los 3 días.	34
Figura 3: Resistencia a la compresión a los 7 días.	35
Figura 4: Resistencia a la compresión a los 28 días.	35
Figura 5: Resistencia a la compresión promedio para cada uno de los ensayos realizados con 0, 3, 5 y 7% de caucho a los 3, 7 y 28 días.	36
Figura 6: Resistencias del concreto en “kg/cm ² ” en función del tiempo, para los % de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.	37
Figura 7: Neumáticos desechados en el Milagro - Trujillo.	56
Figura 8: forma y patrón en el que se distribuir los adoquines.	57
Figura 9: Estructura típica de un pavimento de adoquín.	57
Figura 10: Tipo de adoquines según su clasificación.	57
Figura 11: Caucho de granulometría 4 mm.....	58

RESUMEN.

El presente informe de investigación tuvo como propósito determinar de qué manera afecta el caucho reciclado en la resistencia de adoquines de concreto tipo I; teniendo como referencia las normas RNE CE.010. "pavimentos urbanos".; La razón principal para el enfoque de este informe de investigación fue determinar el efecto que causa el caucho reciclado en las propiedades del adoquín, así como también concientizar y tratar de reducir el impacto ambiental a causa de la presencia no tratada de neumáticos usados, Debido que la contaminación que se está produciendo en nuestros tiempos es uno de los problemas más importantes que afecta a nivel mundial en la salud y bienestar de las personas. Por lo cual para determinar la resistencia a compresión de adoquines modificados nos basamos en un diseño de mezclas siguiendo la normativa ACI, con utilización del cemento Pacasmayo portland tipo I y caucho de 4mm usados en 3%, 5% y 7%. De igual manera los materiales, equipos y procesamiento de datos de los ensayos de contenido de humedad y análisis granulométrico de los agregados realizados fueron basados por las normas (NTP 400.018). Obteniendo como resultado 349.35kg/cm² de resistencia a la compresión del concreto patrón a los 28 días; y en comparación con los adoquines modificados con 3%, 5% y 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino, se obtuvo las variaciones menores respecto al concreto patrón en un: 8.74% para adoquines con adición de 3%, una reducción de 20.08%, 34.73% al agregar 5% y 7% de caucho respectivamente no cumpliendo con la hipótesis planteada.

Palabras clave: Resistencia a la compresión, Caucho reciclado, Impacto ambiental.

ABSTRACT.

The purpose of this research report was to determine how recycled rubber affects the resistance of type I concrete pavers; having as reference the RNE CE.010 standards. "Urban pavements"; The primary reason for the focus of this research report was to determine the effect of recycled rubber on paver properties, as well as raise awareness and try to reduce environmental impact to the cause of the untreated presence of used tires, which The pollution that is occurring in our times is one of the most important problems that affects the world level in the health and well-being of people. Therefore, to determine the compressive strength of modified paving stones, we based ourselves on a mix design following the ACI regulations, using Pacasmayo portland type I cement and 4 mm rubber used in 3%, 5% and 7%. Likewise, the materials, equipment and data processing of the moisture content tests and particle size analysis of the aggregates carried out were processed by the standards (NTP 400.018). Obtaining as a result 349.35kg / cm² of compressive strength of the standard concrete at 28 days; and compared to the modified pavers with 3%, 5% and 7% of recycled rubber as a replacement for the fine aggregate, the minor variations are obtained with respect to the concrete pattern by: 8.74% for pavers with a supplement of 3%, a reduction of 20.08%, 34.73% when adding 5% and 7% of rubber, respectively, not complying with the hypothesis.

Keywords: Compressive strength, Recycled rubber, Environmental impact.

I. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, varios países y regiones están en el auge de la construcción, que se debe principalmente a la implementación de diversas obras civiles, como: vivienda, carreteras, saneamiento, consumadas por el sector público y privado, generando diversas actividades comerciales y conllevando que el concreto sea el más utilizado de los materiales que componen la mayoría de las obras de construcción civil ejecutadas por el sector construcción. tal es el caso de la fabricación de adoquines (Vásquez, 2011).

Por otro lado, se aproxima que anualmente se producen 1.500 millones de neumáticos a nivel mundial. Por lo cual se precisa que todas estas llantas se convertirán en llantas desechadas, lo cual conlleva a una de las complicaciones más crecientes del medio ambiente en los últimos años debido a su costoso proceso de fabricación y al alto costo de su desaparición. El proceso de eliminación, la reducción de residuos y su reciclaje son características muy importantes, tanto desde una perspectiva económica como medioambiental. El desperdicio de neumáticos es un componente importante y cuantitativamente significativo de la composición total de desperdicios. Por lo tanto, es extremadamente importante prestar atención al reciclaje y la reutilización de los residuos de neumáticos para conservar los recursos naturales y reducir el vertedero necesario para su eliminación. (Hadzima, Karlo, Ademović, Miličević y Kalman, 2019).

El tiempo requerido para la descomposición del caucho de los neumáticos de desecho es superior a 50 años. La cantidad de neumáticos descargados aumenta muy rápidamente, ya que el uso de neumáticos aumenta a diario. Por lo cual al no existir una buena política de reciclaje estos terminan siendo descartados en diferentes áreas donde la mayoría de ellos terminan en lugares como: vertederos, lugares clandestinos y otros que ocupan lugares grandes que pueden ser ocupados para otras actividades. (Durango, Mosquera y Alzate, 2019). (Ver figura 7)

Lo anterior mencionado conlleva incomodidad a los vecinos y personas que residen cerca de estos lugares debido al peligro por la contaminación ambiental, visual, transmisión de enfermedades debido a los roedores y bacterias que se acumulan en estos terrenos sin ningún registro de sanidad, incluso la quema directa de este producto provoca graves problemas debido a los diferentes materiales que están compuestos estos neumáticos que al ser incinerados genera emisiones de CO₂ (óxido de carbono) a la atmósfera y gases con partículas nocivas que son dañinos para toda forma de vida. Por lo cual el caucho producido por las llantas de desecho tiene una mayor contaminación del medio ambiente y se puede afirmar que el reciclaje de estos materiales representa un modelo claro para la eliminación adecuada de los materiales de desecho para un mejor ambiente. (Xiaoming y Yang, 2019).

Por otra parte, debido a los avances tecnológicos y científicos el caucho como diversos materiales derivados del polietileno están siendo reutilizados para la fabricación de diferentes productos en los cuales estos están siendo trabajados conjuntamente con el concreto, ya que vienen siendo objeto de investigación en la construcción para determinar el cambio de las propiedades físico - mecánicas a su vez contribuyen al bienestar de la sociedad y socio ambiental. (Léctor y Villarreal, 2017)

Sin embargo, uno de los métodos positivos para desechar este material que no se descompone es la reutilización en mezclas de concreto, por tanto, se están desarrollando técnicas de reciclaje en todo el mundo y muchas han demostrado ser efectivas para proteger nuestro medio ambiente y conservar los recursos naturales. Por lo cual se han realizado varios estudios para facilitar el uso de este material de desecho en el concreto. Además, varios autores ya han confirmado la viabilidad de utilizar la fibra de caucho vulcanizado en los materiales de construcción, aunque en los países desarrollados están promoviendo empresas especializadas dedicadas al reciclaje de neumáticos, todavía hay una falta de interés, y en muchas ocasiones afán de lucro, lo que impide una correcta gestión para el reciclado. (Mousa, 2019).

Actualmente en nuestra ciudad se observa que gran parte de los pavimentos articulados compuestos por adoquines sufren diversos deterioros, rajaduras y desmoronamientos considerables cuando estos son expuestos a fuerzas excesivas a su capacidad portante y a los estragos del medioambiente y dificultan el tránsito peatonal y vehicular liviano generando malestar a la sociedad por el mal estado del pavimento.

Por lo cual para lograr el desarrollo de nuestro informe de investigación nos formulamos eventualmente el problema siguiente; ¿Qué efecto tiene el caucho reciclado en la resistencia a compresión en adoquines de concreto diseñados para pavimentos articulados?

Por consiguiente, justificamos la investigación teórica-técnica ya que se realizó para conocer en qué medida afecto el caucho reciclado en las propiedades de compresión de un adoquín elaborado para pavimentos articulados basados en las normas ASTM C936-01, RNE CE.010, NPT 339.611, NPT 339. 604; que permiten obtener valores fiables en sus resultados. De igual manera tiene justificación en el rubro metodológico por que el proyecto es novedoso y los instrumentos, el acopio de datos pueden ser utilizados y empleados por estudiantes como un trabajo de esta investigación base, motivándolos a realizar nuevos proyectos y diferentes métodos de diseño en los adoquines no convencionales. Además, Por otra parte, tiene justificación practica porque se realizó el diseño de un adoquín con diferentes porcentajes de caucho en remplazo del agregado fino para evaluar los cambios que el adoquín sufrirá y por consiguiente incentivar a los investigadores. Así mismo la investigación da una mejora a los problemas sociales que se presentan en algunos lugares que son utilizados como botaderos de neumáticos usados, ya que de darse el caso de la utilización de estos neumáticos como un insumo para la fabricación de concreto se estar dando una mejor calidad de vida a las personas. Al mismo tiempo con la utilización del caucho estaríamos contribuyendo de manera significativa al bien estar de las personas y del medio ambientes al utilizar los neumáticos como agregado en porcentajes del concreto.

De igual manera, nos planteamos la siguiente hipótesis, La resistencia a la compresión del adoquín con 3%, 5% y 7% de caucho reciclado, en sustitución del agregado fino, se incrementarán frente al adoquín convencional.

Por lo cual, tomamos como variables de estudio una variable independiente que vendría ser el caucho reciclado y una variable dependiente que es la resistencia a la compresión del concreto.

Por tanto, se planteó el objetivo general que es: Determinar el efecto del caucho reciclado en la resistencia a compresión para adoquines de concreto diseñados para pavimentos articulados.

Asimismo, los objetivos específicos: Realizar el análisis granulométrico y el contenido de humedad del agregado fino y grueso, determinar la resistencia del adoquín convencional, determinar la resistencia a la compresión del adoquín añadiendo partículas de caucho reciclado, realizar la comparación de las propiedades del adoquín convencional y el adoquín modificado.

II. MARCO TEÓRICO.

Con respecto al desarrollo del informe de investigación se tiene como consulta a las investigaciones de los siguientes autores. Almeida (2011), en su tesis tuvo como objetivo investigar la aplicación de las fibras de neumáticos desechados para elaboración de unidades de adoquines como posibilidad para atenuar la percusión ambiental en el cantón Ambato, para lo cual realizó un estudio experimental mediante la elaboración de mampuestos con fibras de caucho reciclado y procedió a realizar los respectivos análisis estadísticos; obteniendo como resultados que la renovación parcial de los agregados en 5% de caucho por agregado fino y 5% por agregado grueso mejoró ciertas propiedades mecánicas y físicas del concreto, donde se obtuvo un aceptable comportamiento elástico, por lo que recomienda usarlo en ese porcentaje de sustitución del agregado. Así mismo, el 15% y el 25% de caucho disminuyeron la resistencia del concreto, por tanto, no recomienda su uso. Concluyó que la consideración de la resistencia promedio pretendida para un diseño de compresión 210 kg/cm^2 , a los 28 días, debería ser 294 Kg/cm^2 establecido en ACI-211, por lo que en este caso el tesista logró una dosis intermedio de 282.7 kg/cm^2 , siendo este un resultado suficiente aprobado.

De la misma manera, Ydrogo (2019) en su trabajo de investigación se propuso determinar la resistencia a la compresión de los adoquines convencionales y otros hechos mediante la adición de 5% y 10% de caucho como agregado fino. Este proyecto de investigación es de tipo experimental, ya que la variable de caucho se manipulará en dos niveles (5% y 10%) como una adición al agregado fino, y también se utilizará un control (0% de caucho). como resultado se obtuvo un valor de resistencia a la compresión de 279.2 kg/cm^2 para el concreto con un contenido de 5% de caucho; 151.22 kg/cm^2 para los adoquines elaborados con 10% de caucho, resultados obtenido que varían en comparación con la resistencia mínima de 290 kg/cm^2 establecido en la tabla 22 del RNE - CE 010. concluyendo que aquellos con 5% de caucho tienen una mayor resistencia que aquellos con 10% de caucho, por lo cual es recomendable utilizarlo ente porcentaje ya que no varía significativamente su resistencia.

De igual manera, Abanto, Camacho, Hernández, Bravo y Guevara (2008) produjeron un artículo científico, publicado en la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, donde llevaron a cabo el estudio de concreto hecho con diferentes tamaños de partículas de caucho reciclado. Se prepararon compuestos de hormigón tradicionales, formado por áridos finos y gruesos, agua, cemento y caucho, para lo cual realizaron un estudio experimental mediante la fabricación de adoquines donde parte de la arena fina que se agrega al concreto fue reemplazada por partículas de caucho reciclado. El caucho utilizado fue del 5% con un espesor de 1.19 mm logrando obtener 280 kg/cm² de resistencia a la compresión a los 28 días, indicando que los resultados de los ensayos de los adoquines disminuyeron. Llegando así a la conclusión que es factible utilizar un 5% en peso de caucho por lo que en este porcentaje no estropea las características del concreto, también reduce su peso y a la vez facilita su transporte a obra y obtenemos un beneficio de mitigar los efectos nocivos que genera los neumáticos desechados en el medio ambiente.

Por otro lado, Barra, Jordana, Rayano y Vázquez (2009), en su libro "Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU)". Analizaron el efecto del caucho en diferentes porcentajes (5, 10 y 15%) en las propiedades físicas y mecánicas del hormigón. Por lo cual fabricaron hormigones con caucho de 1-4 mm y 10-16 mm, para los ensayos de compresión realizaron tres probetas, se obtuvieron los datos de los ensayos al día 28 de su curado, siendo los datos obtenidos de los ensayos a compresión en los porcentajes del 5, 10 y 15% de partículas de caucho 32, 26 y 26 N/mm². Concluyendo que los ensayos de compresión se redujeron al incorporar caucho en porcentaje del 5% , sin embargo, esta reducción es similar y/o poco mayor a los del 10% y 15% ; en los ensayos de tracción se fragmentaron las muestras , como resultado de las propiedades del caucho reciclado ,determinando que el uso de caucho en el concreto no es aconsejable en estructuras sometidas a esfuerzos mayores de

compresión, pero podría emplear en pavimentos flexibles ya que el caucho posee propiedades elásticas.

Chun, Fenghai, Shuxian, Zhao, Jingyuan, Wang, Danjie y Yanan (2019) en su artículo, Análisis experimental del efecto de la fibra de acero plástica y el caucho modificado sobre el rendimiento del hormigón. Realizaron una prueba para estudiar los efectos del contenido de fibra plástica de acero, el contenido de partículas de caucho y la modificación de partículas de caucho en las propiedades mecánicas del concreto. En función de los resultados del análisis de rango y variación, se analizó el impacto de la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la resistencia a la rotura por tracción. Obtuvieron el principal factor de resistencia y la mejor proporción de concreto de caucho modificado con fibra de acero plástico. En donde los resultados mostraron que después de que se modifican las partículas de caucho, se incrementa la hidrofilia y la rugosidad de la superficie de las partículas de caucho, y se mejora la adhesión al concreto, reduciendo efectivamente los poros estructurales. Llegando a la conclusión que la relación óptima de este tipo de concreto es de 6 kg/m³ de fibra de acero plástica, 14.15 kg/m³ de partículas de caucho modificadas por la solución CH₃COCH₃, y los incrementos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión son 3.8 % a 6.7% y 10.2% a 19.4%, y mejora su capacidad para suprimir el daño causado por las heladas y la resistencia a la permeabilidad, el grado de resistencia a las heladas puede alcanzar F225, y la fragilidad y la resistencia a las grietas del concreto se mejoran significativamente.

De igual manera, Yiping, Xiaoyong, Ming, Jakuchu, Yang y Zhongyi (2009). en su artículo "Propiedades físicas y mecánicas del hormigón de caucho modificado" estudiaron el efecto del tamaño de partícula, la dosis, la edad, del caucho sobre las propiedades físicas y mecánicas del hormigón de caucho, y Propiedades de deformación del hormigón de caucho. Donde los resultados mostraron que, a los 5 días de edad, la resistencia a la flexión del hormigón de caucho modificado con un contenido de caucho del 15% al 60% (fracción de volumen, la misma a

continuación) se puede aumentar en un 13% a 39%, y la resistencia a la compresión se puede aumentar en un 11% a un 40%; a los 35 días de edad, la tenacidad al 30% del contenido de caucho se puede aumentar en un 31%. Concluyendo así que, al modificar la superficie del caucho, se mejora la interfaz entre este y el sustrato de cemento, y se mejora la resistencia del hormigón.

Así mismo, Yugsi (2018), presentó su tesis teniendo como objetivo ensayar las propiedades mecánicas del adoquín diseñados de concreto tradicional y polvo de llantas recicladas como remplazo arbitrario de agregados finos, comparándolos con los adoquines convencionales, basado en el estándar NTE INEN 3040, con un tipo de investigación experimental, concluyó que el uso del concreto con porcentajes de caucho en polvo generalmente no favorecen a los resultados de las propiedades mecánicas de los adoquines, pero recomiendan porcentajes de (8%, 12%) por que cumplen con la norma vigente NTE INEN 3040. Lo cual fue fundamental para la investigación con un gran beneficio ambiental. Da por ejemplo que en, 1 km de adoquinado se recicla alrededor de 2000 llantas o neumáticos fuera de uso, ya que por su tiempo de degradación son desechados y si se los puede reutilizar como materia prima, es decir estamos ayudando a nuestro medio ambiente.

Por otro lado, Plazas y Gamba (2015) en su tesis, tuvo como objetivo principal realizar el diseño de un adoquín que tenga sus particularidades físico-mecánicas de los adoquines tradicionales que en la actualidad se encuentran como actividad comerciales de la construcción, por lo cual desarrollaron una composición de hormigón con contenido caucho pulverizado producto de llantas recicladas en remplazo del agregado fino con la finalidad de establecer una opción de reutilización de este material que favorezca y minimicé la huella de contaminación en el medio ambiente. Para lo cual realizó una investigación de enfoque cuantitativo basándose en las (NTC 129, norma técnica colombiana); consiguiendo los datos de compresión, 5.98mpa, 5.47mpa, 5.36mpa y 4.92mpa para 0, 5, 10, 15% de sustitución del agregado por caucho reciclado

respectivamente; llegando a la conclusión que la utilización de los neumáticos triturado manifestó no ser factible en el progreso de la propiedad de flexo-tracción, ya que los adoquines cumplen con los requisitos mínimos establecidos por las especificaciones técnicas en las adiciones del 5% y 10% a pesar de la reducción de la resistencia.

Del mismo modo, Soto y Marín (2019) en su tesis, “análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales” tuvo como objetivo principal, Determinar el comportamiento de mezclas de concretos adicionando caucho molido de neumáticos reciclados en diferentes porcentajes, con el fin de aplicarlas en la disminución de las cargas muertas en estructuras y obtener una disminución en los requerimientos estructurales y los costos. con un tipo de investigación experimental, desarrollo una composición de hormigón con contenido caucho en (0%, 3%, 5%, 7%, 10%) con la intención de obtener un mejoramiento en la resistencia y aligeramiento de la mezcla, después de ser ensayados los especímenes de concreto los valores obtenidos a los 28 días fueron: 24.45Mpa, 23.12Mpa, 23.1Mpa, 23.7Mpa, 22.56Mpa respectivamente. dándonos a entender que mediante el uso de este material en construcciones futuras aligerar el peso y la economía de las obras civiles, también contando de que estas se volverán obras amigables con el ambiente por el uso del caucho triturado de neumáticos.

Del mismo modo, Ledezma y Yauri (2018) en su tesis, se proyectaron hallar el efecto del caucho reutilizado en la resistencia a la compresión y tracción del hormigón usado para la producción de bloques de adoquín en la provincia de Huancavelica; para lo cual siguieron la metodología pre-experimental efectuada primeramente con una investigación antes de implantar la variable independiente (adición del caucho). Por lo consiguiente en los ensayos de compresión lograron resultados inferiores a la norma propuesta por el ASTM, donde el módulo de rotura individual deberá ser de 50 MPa y los promedio de 55 MPa. Llegando a la conclusión que es una opción viable; de acuerdo con los datos probados, usar un 25% en peso de polvo de neumáticos de tamaño aleatorio ya que no

deteriora las características del concreto, también lo hace más liviano y al mismo tiempo ayuda a reducir los efectos nocivos que el caucho tiene hacia el medio ambiente.

Incluso Zevallos (2018) en su tesis, se planteó como objetivo estudiar la utilización de los cauchos reciclados (llantas) en la manufactura de adoquines para las vías principales de Abancay como alternativa de reducir la huella de contaminación ambiental producto de los cauchos en la ciudad. Por lo cual siguieron la metodología descriptiva para los diferentes tipos de adoquines tales como el tipo I, II, y III desarrolladas en la provincia de Abancay; el resultado que obtuvo a través de la observación de la zona y estudios de las características de los adoquines con caucho, concluyo que es una muy buena alternativa para la zona ya que debido a las propiedades que poseen los cauchos estos pueden soportar los climas ciudad de Abancay.

No obstante, Rey (2018), en su tesis, tuvo como objetivo medir las propiedades físico-mecánicas de los adoquines con partículas del plástico y caucho en reemplazo del 10% y el 15% por el agregado grueso, para su uso en tráfico ligero de adoquinados articulados en el departamento de Cajamarca. Realizando una investigación experimental analizaron el adoquín típico de concreto con el adoquín hecho con partículas del plástico y de caucho; estableciendo como resultado que la comparación es algo similar a los adoquines convencionales, también determinaron que al utilizar un 15% de caucho en los adoquines no cumplen con las propiedades establecidas en la norma.

Así mismo, para conocer más a detalle la utilización de los adoquines utilizados en esta investigación, se desarrollará bases teóricas que nos permitirá conocer más a detalle la utilización de los adoquines.

Los pavimentos articulados son una de las superficies más antiguas utilizadas para el transporte vehicular, está compuesto en elementos de mampostería fabricados de diferentes formas, que de manera grupal ejercen mayor rigidez y resistencia a cambios bruscos; estos elementos

se colocan en una base de arena, estos consisten en concreto, ladrillos, piedra, etc. Este tipo de revestimiento debe ser asentado en un manto de concreto flexible de alta resistencia con características uniformes que se colocan un elemento algo contiguo o fronterizo al otro elemento debido al diseño de las superficies de sus lados, obteniendo una trasmisión de cargas del adoquín que lo recibe a varios de sus inmediatos para lograr que la fracción de carga transferida a la base del elemento sea igual al 40% de la carga aplicada al mismo. (Becerra, 2012).

Estos tipos de pavimentos tienen un comportamiento que, cuando se trabaja bajo el principio de fricción y trabazón entre ellos en la superficie de apoyo, esta conexión debe evitar el movimiento vertical, horizontal y rotacional de un elemento individual, lo que significa que las fuerzas aplicadas a ellos, se transmiten juntos en un área de acción que depende de la forma y el patrón en el que se distribuyen los adoquines (Chango, Zambrano y Loayza, 2006). (Ver figura 8)

El uso de pavimentos de adoquines es diverso: abarca desde usos decorativos hasta usos de alto rendimiento; Mientras que los primeros están sujetos a cargas bajas, los últimos están sujetos a cargas elevadas, por lo que, los proyectos deben realizarse específicamente para cada evento. (ver tabla 14)

Por lo cual los pavimentos articulados deben estar encima de un fino manto de arena, simultáneamente descansar sobre un manto granular de base sobre la subrasante, dependiendo de su característica y frecuencia de las cargas estos están representados por los siguientes elementos: Subrasante, Subbase, Base y Capa rodante. Este último consiste en: cama de asiento de arena, adoquines de concreto y sello de arena. (Ver figura 9).

Por otro lado, la capa de rodante principalmente es constituida por adoquines de concreto que son piezas uniformes de hormigón sólido de gran resistencia, que se colocan para encajar entre sí, dando como resultado un pavimento de gran resistencia y atractivo estético. Entre sus

principales aplicaciones tenemos pavimentos para tráfico vehicular liviano y pesado; para tráfico peatonal como senderos, parques y plazas; para cargas altas como puertos, aeropuertos, patios de carga; rehabilitación de pavimentos deteriorados (asfalto, hormigón); parte de la amplia gama de aplicaciones se debe a sus principales ventajas, fácil de colocar; autorizado inmediatamente después de la colocación; son adecuados para pendientes y curvas; la vida útil es de más de 40 años; ideal para calles con redes de servicio incompletas o que requieren renovación; poca dependencia climática, al llegar desde la fábrica "listo para colocar"; mantenimiento simple y económico; uso de piezas de colores para incorporar señales; etc. (PCR, 2019)

Los espesores de los adoquines más comunes son generalmente entre 6cm y 8cm y alcanzan los 10cm en tráfico muy pesado. Se debe tener cuidado para garantizar la uniformidad de las dimensiones de los bloques de adoquín, ya que las desviaciones apreciables no solo afectan la apariencia del pavimento, sino que también perturban la transferencia de carga por medio de los espacios entre ellas. Habitualmente, se permiten desviaciones de más menos 2 mm de longitud y una anchura de adoquines y un grosor de más menos 5 mm. En gran mayoría todos los bloques similares tienen la misma forma y dimensiones y pueden desmontarse individualmente. La diversificación en las formas, dimensiones y colores proporciona a las superficies una apariencia estética agradable. (Abanto, 2014)

Según Echaveguren (2013), Las adoquines tienen varias ventajas, tales como: sus diseños son adaptables de acuerdo con el tipo de pavimento a producir, a bajo costo al momento de la compra, si se realiza la instalación correcta requiere poco o ningún mantenimiento, tienen más de cincuenta años de vida útil, debido a que sus materiales no se agrietan, se adaptan a los ciclos de hielo, se descongelan y soportan altas temperaturas, los adoquines se adaptan a las condiciones del suelo y debido a su geometría son fáciles de instalar. Así mismo, según la forma del adoquín los clasifican en tres grupos "A,B,C"; el grupo "A" consiste en adoquines

dentados que se traban unos con otros debido a la concentración de las fuerzas verticales y horizontales a causa del tránsito de los vehículos; los del tipo "B" ofrecen un bloqueo más bajo de intertrabazón que permite mejores rendimientos en desplazamientos paralelos; y los del tipo "C" tienen formas regulares en sus caras favorables para resistir movimientos longitudinales o rotacionales. (Ver figura 10)

De igual manera el RNE – CE.010 y la NTP 399.611, diferencian a los adoquines según su uso en 3 tipos. Donde, el tipo I son usados para pavimentos de uso peatonal, el tipo II se utilizan para pavimentos con tránsito vehicular ligero y el tipo III adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, parques industriales y de contenedores. Así mismo el RNE resalta las resistencias promedio y mínimas que deben tener los adoquines de las clases I, II, III dependiendo el espesor a de fabricación en el presente informe de investigación se planteó realizar adoquines de tipo I. (ver tabla 15)

De acuerdo con la RNE E060 2019 de Concreto armado, puntualiza que los agregados son componente granulares, y pueden ser naturales o artificiales, como arenas, gravas, piedras trituradas y se utilizan con cemento para formar concreto o mortero. Del mismo modo, el agregado fino proviene del deterioro de las rocas en su ambiente natural o utilizando maquinaria que ayuda a su desintegración de las rocas, los cuales deben pasar por el tamiz 9,5 mm (3/8"). De igual manera los agregados gruesos son los no pasaron del tamiz 4,75 mm (Nº 4), procedente de la descomposición de la roca de manera natural o mecánica a través de chancadoras de las rocas. por lo que podemos decir que el afirmado está formado por una capa compactada de material granular natural por efecto de la degradación de las rocas al pasar de los tiempos o tratada con una gradación que soporta directamente las cargas y esfuerzos de los vehículos y funciona como superficie de rodante en carreteras y trochas. (Saldaña y Arestegui, 2018).

Por otro lado, el caucho natural es una sustancia vegetal que consiste en enormes moléculas que están entrelazadas, estas moléculas son gigantescas porque el caucho está formado por monómeros. Mucho depende de la resistencia del acoplamiento de los monómeros, el caucho puede obtener diferentes categorías de resistencia a la tracción o a la deformación. Por otro lado, el caucho, de manera natural o sintético, se distingue por su adaptación, hidrofobicidad y resistencia a corriente eléctrica. Habitualmente, el caucho tiene una alta atracción intermolecular, y estas moléculas están orientadas en la dirección del esfuerzo. Por lo cual el caucho de llantas de desecho se puede incorporar en concreto autocompactante al reemplazar parcialmente el agregado natural fino y grueso, reduciendo el consumo de arena y grava y preservando estos materiales naturales. Además, reciclar y reutilizar el caucho de desecho de los neumáticos evita la necesidad de depositar los neumáticos en los vertederos, como uno de los principales problemas ecológicos del futuro cercano. Sin embargo, el reemplazo de agregado natural con caucho para llantas de desecho puede tener una influencia indeseable en las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, es decir, la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, la resistencia a la rotura por tracción y el módulo de elasticidad. Por otro lado, reemplazar la grava o arena natural con caucho de llantas de desecho puede mejorar la resistencia al impacto, la ductilidad y la resistencia a la fatiga. (Bušić, Milicevic, Kalman y Strukar, 2018)

Dentro de las propiedades del caucho tenemos que es bueno para resistir cargas y tensiones mecánicas elevadas, buena relación calidad/precio, mayor aguante a la resquebrajadura por fatiga, mayor resistencia a la ruptura, tiene una mayor vida útil a la intemperie, a la degeneración por oxidación, de modo que se estima que es un material adecuado q puede vivir y ser colocado al aire libre (Ramírez 2011); también es resistente a temperaturas extremas llegando a soportar de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$, evita deslizamiento de los vehículos, son adherentes, porosos y al utilizarlos en un pavimento aumentaremos su resistente a líquidos. (Cárdenas y Calle, 2013). Así mismo (Wangzhen, Wangbao, Haolin y Cuizheng, 2015) en su

estudio nos dicen que La incorporación de partículas de caucho puede mejorar la resistencia a la penetración de iones de cloruro y la resistencia a las heladas.

Dependiendo de las necesidades la utilización del caucho triturado se obtiene diferentes tamaños, clasificándose de la siguiente manera: se usa caucho de 0.0 - 0.6mm en asfaltos y mezclas bituminosas, caucho de 0.6-2mm empleados en campos de césped artificial, y caucho de 2 - 4mm son empleados en carreteras con transporte liviano y productos moldeados como los adoquines para transito liviano, y finalmente el caucho de 2 - 7mm son empleados en hípicas y sacos de boxeo. (Martin, 2015)

Existen diferentes tipos de caucho con proporciones similares, todos estos tipos de caucho tienen una cosa en común: el área de vulcanización donde se le incorpora un elemento químico como el azufre para lograr una mayor elasticidad para tener una mayor duración, mayor impermeabilidad y su degradación tardaría mucho tiempo, la combinación está hecha de tal manera que los cauchos naturales mejoren sus propiedades mecánicas y los cauchos sintéticos aseguren no solo sus propiedades sino también la estabilidad térmica. Por lo cual esta mixtura de componentes promueve la sostenibilidad y la adaptación a las nuevas demandas de transitabilidad. (Castro, 2008)

Por lo cual, para lograr realizar el diseño del adoquín tipo I, utilizamos caucho de granulometría 4mm siguiendo la información de Martín 2015; ya que recomienda esta medida para la construcción de aceras, calles, parques y carreteras donde se requiere una superficie que soporte cargas de automóviles livianos como también peatonales. Asimismo, en nuestro trabajo de investigación se realizó ensayos correspondientes tales como: el slump (N.T.P 339.035, ASTM C 143) para observar cuanto en si se asienta el concreto en consistencia seca y que este se encuentre dentro de lo permitido por la norma de 1 pulgada a 2 dos pulgadas como máximo, así como también análisis granulométrico, entre otros.

Por otro lado, realizamos ensayos mecánicos de compresión a las muestras para obtener la resistencia que el concreto puede soportar cuando es sometida a un ensayo de compresión con una maquina especifica en un laboratorio que surge del cociente entre la carga máxima del ensayo (carga de rotura por compresión) y la superficie transversal del elemento ensayado (Vila, Pereyra, Gutiérrez, 2017); Teniendo como exigencias importantes las recomendaciones para la fabricación de un adoquín tipo I, que la resistencia individual promedio de la muestra sea superior a 320 kg/cm². Sin embargo, en proyectos con menor demanda o con fines estéticos, la resistencia puede aceptarse en un rango entre 290 kg/cm² y 320 kg/cm². (RNE CE.010). (ver tabla 17).

$$f'_{b} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots \text{Resistencia a la compresión.}$$

En dónde:

f'_{b} = es la resistencia a la compresión en kg/cm².

P = es la carga de rotura aplicada indicada por la máquina en kg.

A = es el promedio del área superior tomando tres medidas en cm².

III. METODOLOGÍA.

3.1 Tipo y diseño de investigación.

3.1.1 Tipo de estudio.

Según el enfoque.

Cuantitativa por que sea realizado procedimiento con los cuales pudimos medir y recopilar los datos a través de los ensayos de compresión en los adoquines de concreto convencionales y los fabricados con 3, 5 y 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino que fueron diseñaremos para pavimentos articulados. (Miranda, Castañeda, Becerra, Suarez, Romero y Llatas, 2013).

Según su finalidad.

Según su finalidad hemos realizamos un estudio básico porque tuvo como finalidad recopilar información de los ensayos aplicados a los adoquines convencionales y los con caucho para construir un cimientto de conocimientos que se va añadiendo a la información obtenida anteriormente. (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

Según su nivel.

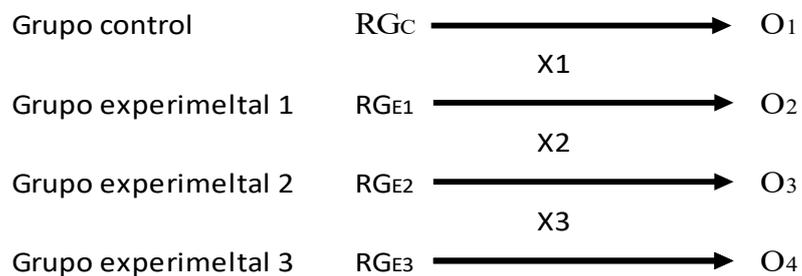
Explicativo, debido a que luego de obtener los resultados pudimos interpretar los resultados de los ensayos de compresión en los adoquines y explicar por qué al utilizar el caucho reciclado en porcentajes tienen una variación con respecto a los adoquines convencionales. (Miranda, Castañeda, Becerra Suarez, Romero y Llatas, 2013).

Según su temporalidad.

Es transversal porque los ensayos de compresión se realizarán en un tiempo determinado así mismo la comparación de las características mecánicas de los adoquines de concreto convencional simultáneamente con los adoquines adheridos con caucho reciclado para pavimentos articulados. (Miranda, Castañeda, Becerra, Suarez, Romero, Llatas y Castro, 2013).

3.1.2 Diseño de investigación.

Este informe de investigación tiene un diseño de tipo experimental puro, porque es un diseño clásico que tiene un grupo control y grupo experimental los cuales reunieron condiciones para lograr, verificar y validar en grupos de comparación entre el grupo de control (adoquín convencional) y el grupo experimental (adoquín con caucho). Y así, se pudo identificar los cambios que este sufre en el producto final. A su vez es de diseño con posprueba únicamente y grupo de control, donde se elaboró dos grupos: uno el grupo control y al otro grupo que fue el experimental al cual se le indujo cambios deliberados en la composición del concreto por porcentajes de caucho reciclado para identificar los cambios que este sufre en el producto final. En este caso se fabricaron adoquines a las cuales se le remplazo 3,5,7% caucho reciclado por el agregado fino, las cuales serán evaluaron a los 3, 7 y 28 días. (Fernández, Baptista, 2014). Siendo el diagrama de diseño de la siguiente manera. ver tabla18



Dónde:

X1: Concreto con 3% de caucho reciclado.

X2: Concreto con 5% de caucho reciclado.

X3: Concreto con 7% de caucho reciclado.

O1-O4: Resultados de los ensayos de compresión.

3.2 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VD: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Es la capacidad de un material de soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo cuando es sometida a un ensayo de compresión con una maquina especifica en un laboratorio. (Díaz, 2017)	Se indujeron cambios deliberados en la composición del concreto por porcentajes de caucho reciclado para identificar los cambios que este sufre en el producto final.	Análisis granulométrico (%)	Cuantitativa de razón
			Análisis del contenido de humedad (%)	
			Resistencia a la compresión según RNE CE.010, ASTM C39; ensayados a los 3, 7 y 28 días. (kg/cm ²)	
VI: CAUCHO RECICLADO	Es el caucho de los neumáticos de todo tipo de vehículo automotriz que ya acabaron su vida útil por lo cual son desechados (Rey, 2018).	El agregado fino será remplazado por el caucho reciclado de 4 mm en porcentajes de 3, 5 y 7% .	Caucho reciclado en porcentajes (%)	Cuantitativa nominal

3.3 Población y muestra.

3.3.1 Población.

Como población se elaboraron 36 bloques de adoquín de concreto entre convencional y modificados

3.3.2 Muestra.

Como muestra se elaboraron 36 bloques de adoquines de concreto tipo I diseñados para pavimentos articulados distribuidos de la siguiente manera : 9 bloques de adoquín como grupo control, 9 con 3% de caucho reciclado en sustitución del agregado fino, 9 con 5% de caucho y finalmente 9 adoquines con 7% de caucho los cuales fueron sometidos a los ensayos de compresión , para lo cual todos los agregados utilizados para los ensayos han sido tomados de acuerdo a RNE CE.010 (unidades de albañilería adoquines de concreto para pavimentos); en el cual los agregados finos y gruesos así como también el caucho reciclado son usados en cantidades precisas para formar la mezcla de concreto 290kg/cm² para un adoquín tipo 1.

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

3.4.1 Técnicas.

Se desarrolló la técnica de la observación experimental la cual fue el método fundamental para la recolección de datos, la cual consistió en registrar sistemáticamente de manera válida y confiable el comportamiento obtenido en los ensayos de compresión de los adoquines.

3.4.2 Instrumentos.

a) Documentos.

- Cuaderno de campo y laboratorio.
- Plantillas de recolección de datos (Excel).

b) Instrumentos de laboratorio.

- Equipos para la elaboración de especímenes de concreto. moldes rectangulares de 200mm de largo, 100mm de ancho y altura de 60mm,
- una (1) varilla lisa de diámetro de 10mm, y longitud de 300m para el chuseo.
- Un (1) molde para realizar el ensayo de asentamiento con la superficie lateral de tronco de cono, con base mayor de diámetro de $203\text{mm}\pm 3\text{mm}$, con base menor de diámetro de $102\pm 3\text{mm}$ y altura de $305\pm 3\text{mm}$.
- Balanza para medir los porcentajes utilizados de los agregados y cemento.
- Prensa hidráulica de compresión.
- Tamices desde 3/8" hasta N° 100, esto para realizar el ensayo granulométrico.
- Horno para realizar el contenido de humedad.

3.4.3 Validez y confiabilidad.

Las fichas que se utilizaran son confiables, ya que son fichas técnicas normalizadas. Así como también los instrumentos que serán utilizados están debidamente calibrados por lo cual los datos que obtendremos serán válidos, ya que se realizaran los trabajos correspondientes en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto (ingeoma) a cargo del ing. Roberto C. Salazar Alcalde (REG. CIP N° 101231), así mismo las muestras que se elaborarán serán trabajadas bajo las normas estandarizadas tales como: las normas técnicas peruanas NPT, American Concrete Institute (ACI), American Society for Testing and Materials (ASTM) y el reglamento nacional de edificaciones (RNE); dichas normas servirán de guía para el análisis y obtención de datos de los materiales, y resistencias máximas y mínimas que deben cumplir las muestras que se elaboraran.

3.5 Procedimiento.

Debido al marco legal de la pandemia dictado el 11/03/2020 por el decreto supremo N° 008-2020-MINSA, declaro en estado de emergencia a nivel nacional por plazo de 90 días calendarios, donde dicto medidas de prevención y control para el COVID19; Lo cual fue prorrogado por el decreto supremo N° 075-2020-PCM debido al incremento constante de los casos positivos por COVID19 hasta el 10 de mayo. Los resultados de los ensayos se empezaron la segunda semana de mayo en el laboratorio Ingeoma. Donde se tuvo en cuenta el nuevo enfoque de EPP ante la pandemia como es el uso obligatorio de la mascarilla todo el día, de acuerdo con la resolución ministerial N° 135-2020-MINSA, Así como también se tuvo en cuenta la resolución directoral N° 003-2020- INACAL/DN “Guía para la limpieza y desinfección de manos y superficies”.

Con la finalidad de conocer las propiedades inherentes a los materiales a utilizarse se recibió una muestra alcanzada de 80 Kg. de Hormigón extraído de la cantera cerro campana el Milagro-Distrito de Huanchaco– Provincia de Trujillo, así como también una bolsa de cemento portland tipo I. En el laboratorio se verificó la clasificación visual de las muestras obtenidas, formulando los siguientes ensayos:

Contenido de humedad de los agregados, donde la humedad fue un elemento fundamental para modificar de la relación agua-cemento de la mezcla para así impedir la naturalidad excesiva y estabilidades manejables de la mezcla fresca. Se desarrolló a través de los siguientes pasos: se pesó la tara, la muestra húmeda más el peso de tara, la muestra se colocó en el horno a 105 ° durante 24 horas, luego la muestra seca se pesó en la tara, luego se determinó el peso del agua siguiendo la exigencias de NTP 339.127, luego se secó la muestra a peso constante de temperatura de 110 °C, se puso la muestra seca en una bandeja y adicionamos agua hasta cubrirla, posteriormente se agita la muestra para lograr la separación completa de las arenas más finas que

el tamiz N° 200 de las partículas gruesas y llevar el material fino a la suspensión, se puso el tamiz N° 16 encima del tamiz N° 200 y luego echar el agua de lavado conteniendo los sólidos suspendidos en los tamices; teniendo cuidado para evitar la separación de las partículas más gruesas de la muestra. (NTP 400.018)

También se ha llevado a cabo el análisis granulométrico de los agregados que ayuda a favorecer la gradación o acomodación de los agregados en partículas en la masa de concreto, y está vinculado a la cantidad de superficie en la interfaz con la pasta de cemento en la mezcla fresca, se realizó de la manera siguiente: se secó la muestra a una temperatura de 110 °C, seleccionamos los tamices adecuados para cumplir con los detalles del material que se va a ensayar, situando los tamices en orden decreciente, se tamizó manualmente durante un determinado tiempo, se limitó la cantidad de material en un tamiz para que las partículas puedan alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el tamizado, el tamizado se realizó por un periodo suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual (NTP 400.012).

Posteriormente obteniendo todos los ensayos de laboratorio se realizó el diseño de mezcla y la dosificación para los adoquines, la fabricación de adoquines convencionales como también los adoquines con porcentaje de caucho de 3, 5 y 7%; el primer paso en el proceso de la fabricación de los adoquines es el dosificado que consiste en diseñar que cantidad de materiales se va utilizar, es decir establecer cantidades de cada uno de los componentes del concreto con el objetivo de mejorar sus propiedades físico mecánicas para lograr aumentar una mayor resistencia a la compresión; la dosificación depende de factores como: contenido de humedad, granulometría de los agregados, composición química- físico, tipo de cemento, cantidad de agua etc.

En un segundo paso, se mezclaron los agregados, por lo que se obtuvo una mezcla uniforme, que puede llevarse a cabo de forma mecánica hasta obtener un color y mezcla homogénea y pastosa.

Posteriormente se realiza el proceso de fraguado que es la reacción química entre el cemento y el agua mediante la cual se produce el endurecimiento del concreto. Para que el fraguado ocurra satisfactoriamente, los adoquines deben permanecer protegidos del sol y del viento, a fin de evitar que el agua contenida en estos se evapore y detenga este proceso, en cuyo caso se obtendrá una resistencia a la compresión pobre.

Después se realizó el proceso el curado que consiste en mantener la humedad del concreto, para lo que se agrega periódicamente, consiguiéndose así que la reacción química del cemento continúe. Para esto, los adoquines se agrupan con la separación suficiente para que puedan humedecer totalmente por toda su superficie.

Por último, luego del análisis del laboratorio y los procesos de fabricación del adoquín se realizó los ensayos a compresión de los adoquines convencionales como también de los adoquines modificados.

3.6 Métodos de análisis de datos.

En el presente trabajo de investigación los resultados de los ensayos del adoquín del grupo control y del grupo experimental adherido con caucho se realizaron en un laboratorio ingeoma bajo normas establecidas. Donde los resultados del análisis granulométrico, contenido de humedad, fueron anotados en las fichas técnicas, así como también los datos de los ensayos a compresión fueron anotados en una libreta de campo para posteriormente ser procesados una hoja de cálculo en Excel.

3.7 Aspectos éticos.

El presente trabajo de investigación ha sido elaborado por los integrantes del grupo, donde garantizamos total originalidad, todo el trabajo está elaborado bajo las normas técnicas como: normas técnicas peruanas (NPT), American Concrete Institute (ACI), American Society for Testing and Materials (ASTM) y el reglamento nacional de edificaciones (RNE).

- El diseño de mezclas fue elaborada bajo las condiciones del ACI, para lo cual se utilizó las tablas elaboradas por el comité 211 del ACI.
- Se utilizó la norma ASTM C136, NPT 400.037 normas referidas para el análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos.
- Se Tubo como base el capítulo 3 del reglamento nacional de edificaciones técnicas de investigación de campo, ensayos de laboratorio, requisitos de los materiales y pruebas de control. (RNE CE.010 pavimentos urbanos).

IV. RESULTADOS.

En la siguiente sección se presenta representaciones resumen de las propiedades de los agregados, diseño de mezclas y las resistencias a compresión de los ensayos de los adoquines tipo I obtenidos en el laboratorio.

4.1 Propiedades físicas de los materiales.

Tabla 1: Propiedades físicas de los materiales

PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
Perfil	-	Angular
Tamaño máximo nominal	-	3/8"
Peso específico del agregado	2582 kg/m ³	2610 kg/m ³
Peso unitario suelto del agregado	1956 kg/m ³	1535 kg/m ³
Peso unitario compactado	1896 kg/m ³	1692 kg/m ³
Contenido de humedad	6.50%	1.50%
% de absorción	2.50%	2.40%
Módulo de finura	2.9	
Peso específico del cemento	3120 kg/m ³	

Fuente: Elaboración propia

Los agregados tanto fino como gruesos son elegidos de acuerdo a las NPT.

- Donde los agregados gruesos tienen un perfil angular, su tamaño máximo nominal elegido para este ensayo es de 3/8".
- Para los concretos ligeros el peso específico de los agregados puede variar en (1.2 – 2.2 gr/cm³), (2.3 – 2.9 gr/cm³) para concretos normales y para concretos pesados (3.00 – 5.00 gr/cm³). El peso específico de los agregados obtenidos en la cantera cerro campana son de 2.582 y 2.610 gr/cm³ por lo cual al estar dentro de estos rangos son óptimos para su uso en concretos normales.
- Los pesos unitarios recolectados del agregado fino y grueso son 1956kg/m³ y 1535 kg/m³ para los finos, y se encuentran dentro del

rango de los pesos unitarios según NTP 400,037. Así mismo los agregados cuentan con humedad de 6.50% en los agregados finos y de 1.50% en los agregados gruesos.

- Comúnmente los porcentajes absorción de los agregados varían de 0.20% - 3.5%; donde observamos que las absorciones de los agregados usados están dentro de este rango con una absorción de 2.5% en los agregados finos y 2.4% en los agregados gruesos.
- Así mismo tenemos un M.F de 2.9 por lo cual estamos dentro del rango establecido por la NTP 400,037. Que nos dice que el M.F debe estar en el rango de (2.3 – 3.1).

4.2 Dosificación de los materiales.

Tabla 2: Valores de diseño para 1m³ de concreto para la muestra patrón de un adoquín tipo I

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO	CLASE	
Cemento	386.14 kg/m ³	portland tipo I	Pacasmayo
Agua de diseño	177.96 Lt/m ³	pura	potable
Agregado fino	955.60 kg/m ³	arena lavada	cantera cerro
Agregado grueso	772.82 kg/m ³	3/4" lavado	campana s.a.c.
Aire (%)	3.00%		

Fuente: Elaboración propia

- Luego de realizar el diseño de las mezclas se logró determinar los valores de diseño para 1m³ de concreto patrón, lo cual fue procesada para obtener los valores de diseño para muestra patrón de 3 adoquines tipo I sin incluir el caucho reciclado.

Volumen del molde 20cm x 10cm x 6cm = 0.0012m³.

- Numero de muestras = 3
- Volumen total para tres muestras = 0.004m³.

Tabla 3: Valores de diseño para 3 adoquines

PARA 3 PRUEBAS PATRON	
MATERIALES	VALORES DE DISEÑO PARA UNA 3 ADOQUINES
Cemento	1.54 kg
Agua de diseño	0.71 kg
Agregado fino	3.82 kg
Agregado grueso	3.09 kg

Fuente: Elaboración propia

- La tabla nos muestra los valores de diseño para 3 adoquines tipo I, las cuales son las muestras patrón sin inclusión de caucho.

Tabla 4: Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 3% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO PARA 3 ADOQUINES
Cemento	1.54 kg
Agua de diseño	0.71 Lt
Agregado fino	3.71 kg
Agregado grueso	3.09 kg
Caucho reciclado	0.11 kg

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla se observa que se remplazó 0.11kg de agregado finos por partículas de caucho.

Tabla 5:Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 5% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO PARA UNA 3 ADOQUÍNES
Cemento	1.54 kg
Agua de diseño	0.71 Lt
Agregado fino	3.63 kg
Agregado grueso	3.09 kg
Caucho reciclado	0.19 kg

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla se observa que se remplazó 0.19kg de agregado finos por partículas de caucho.

Tabla 6: Valores de diseño para 3 adoquines tipo I incluyendo 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.

MATERIALES	VALORES DE DISEÑO PARA UNA 3 ADOQUÍNES
Cemento	1.54 kg
Agua de diseño	0.71 Lt
Agregado fino	3.55 kg
Agregado grueso	3.09 kg
Caucho reciclado	0.27 kg

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla se observa que se remplazó 0.27kg de agregado finos por partículas de caucho.

4.3 Materiales usados para 36 adoquines tipo I.

Tabla 7: materiales usados para 36 adoquines tipo I.

TOTAL DE MATERIALES				
MATERIALES	VALORES DE DISEÑO			TOTAL
	3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	
CEMENTO	6.18 kg	6.18 kg	6.18 kg	18.53 kg
AGUA DE DISEÑO	2.85 Lt	2.85 Lt	2.85 Lt	8.54 Lt
AGREGADO FINO	14.72 kg	14.72 kg	14.72 kg	44.15 kg
AGREGADO GRUESO	12.37 kg	12.37 kg	12.37 kg	37.10 kg
CAUCHO RECICLADO	0.57 kg	0.57 kg	0.57 kg	1.72 kg

Fuente: Elaboración propia

4.4 Propiedades del concreto en estado fresco.

Tabla 8: Propiedades del concreto en su estado fresco previo al curado.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO				
caucho reciclado (%)	0%	3%	5%	7%
Peso del concreto (kg)	3.057	3.018	2.993	2.968
Peso del molde (kg)	1.3	1.3	1.3	1.3
Peso del molde + concreto (kg)	4.357	4.318	4.293	4.268
Vol. del molde (m3)	0.0012	0.0012	0.0012	0.0012
Peso unitario (kg/m3)	2547.250	2515.396	2494.161	2472.925
Variación respecto al CP (%)	0%	1.25%	2.08%	2.92%

Fuente: Elaboración propia

- Según las normas técnicas peruanas (NPT 339.046), nos da una serie de rangos para clasificar los concreto dependiendo de sus pesos unitarios. Para los concretos ligeros el peso específico de los agregados puede variar en (1.2– 2.2gr/cm³), (2.3 – 2.9 gr/cm³) para concretos normales y para concretos pesados (3.00 – 5.00 gr/cm³).
- Con los datos obtenidos en el laboratorio podemos observar que el peso unitario de la muestra patrón sin añadir caucho es 2547.250kg/m³ y está dentro de los concreto normales (2300 kg/m³ – 2900 kg/m³).

- Así mismos las muestras de concretos añadiendo caucho reciclado son de (2515.396 – 1497.161 y 2472.925 kg/m³) también están dentro del rango de concretos normales.

Tabla 9: Resumen de los pesos unitarios y variación en % con relación a la muestra patrón.

PESO UNITARIO DEL CONCRETO		
MUESTRA	Kg/m ³	%
C. PATRON	2547.250	
CCC 3%	2515.396	1.25%
CCC 5%	2494.161	2.08%
CCC 7%	2472.925	2.92%

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se observa que el concreto con caucho a diferentes porcentajes “CCC%” varia con respecto al concreto patrón “CP” dependiendo de la cantidad de caucho añadido.

- Añadiendo 3% de caucho reciclado el “P.U” del concreto varia en 1.25% respecto a los 2547.250 kg/m³ del concreto patrón.
- Con 5% de caucho reciclado el “P.U” del concreto patrón varia 2.08%.
- Y añadiendo 7% de caucho reciclado el “P.U” del concreto varia 2.92% respecto al concreto patrón.

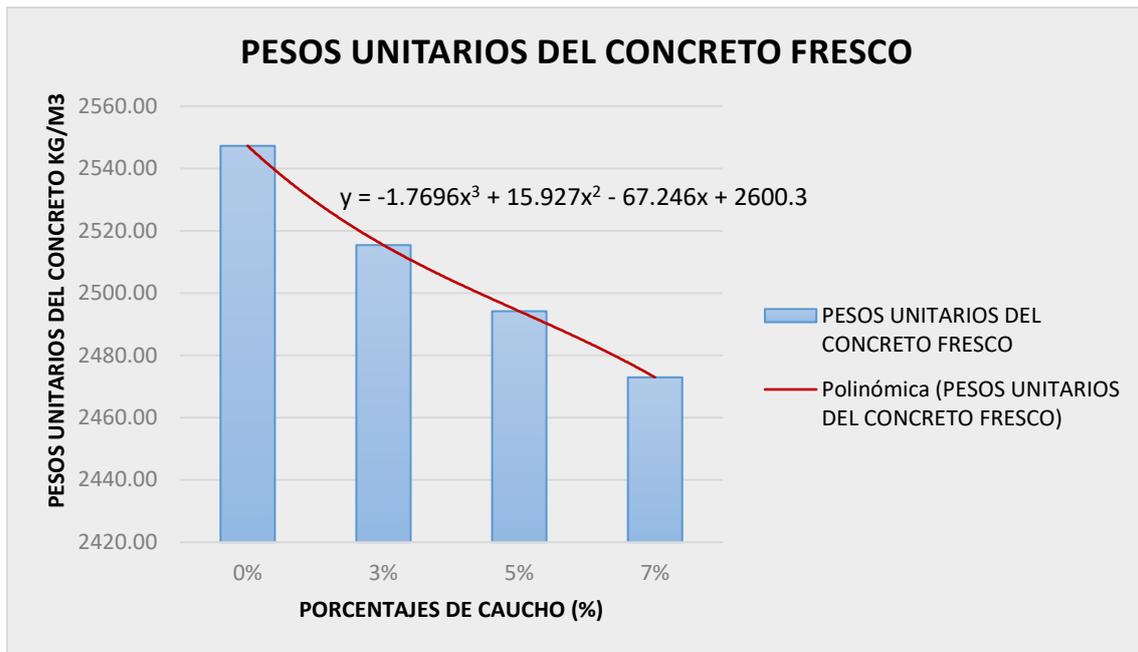


Figura 1: pesos unitarios del concreto fresco con diferentes cantidades de caucho.

Análisis de figura:

- Se observa que peso unitario del concreto patrón con 0% de caucho es mayor en comparación con los demás concretos que se les añadió 3%, 5% y 7% de caucho reciclado, esto se debe a que debido a los porcentajes de caucho el volumen de mezcla será mayor y el volumen del agregado fino disminuirá.
- Así mismo se observa que a medida que el caucho reciclado aumenta, el “P.U” del concreto fresco reduce, esto se debe porque el caucho tendrá más volumen que los demás agregados.

4.5 Propiedades del concreto en estado endurecido.

Posteriormente de concluir con el diseño y la elaboración de las muestras se procedió a realizar el curado a los 3, 7, y 28 días. Se realizó el ensayo a compresión de los especímenes patrón como también de los especímenes de concreto sustituidos en % por caucho en vez del agregado fino, de las cuales se consiguió los siguientes datos presentados en el siguiente reporte.

Tabla 10: Propiedades del concreto en estado endurecido

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)								
EDAD (DÍAS)	CP		CCC 3%		CCC 5%		CCC 7%	
	resultados	promedio	resultados	promedio	resultados	promedio	resultados	promedio
3 días	145.556		101.267		84.664		75.814	
	161.015	155.87	112.390	112.45	93.311	94.44	82.233	82.98
	161.039		123.686		105.331		90.902	
7 días	226.245		180.857		155.345		132.681	
	246.025	238.41	193.196	191.61	163.895	163.88	138.145	138.22
	242.960		200.791		172.395		143.829	
28 días	332.21		310.042		273.95		225.070	
	346.305	349.35	318.118	318.82	276.665	279.20	221.615	228.01
	369.52		328.313		286.985		237.343	

Fuente: Elaboración propia

- La tabla nos muestra la resistencia a la compresión individual y promedio que poseen los especímenes de ensayo en los 3, 7 y 28 días de curado con diferente porcentaje de caucho.

Tabla 11: Variación de la resistencia en % respecto al concreto patrón.

VARIACION DE LA RESISTENCIA EN % RESPECTO AL CP.				
DÍAS	CP	CCC 3%	CCC 5%	CCC 7%
3 días	155.87	27.86%	39.41%	46.76%
7 días	238.41	19.63%	31.26%	42.02%
28 días	349.35	8.74%	20.08%	34.73%

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla se observa que, el concreto con 3% de caucho redujo su resistencia en un 8.74% respecto al concreto patrón.
- De igual manera, el concreto con 5% de caucho redujo su resistencia en 20.08% respecto al concreto patrón.
- Por último, el concreto con 7% de caucho redujo su resistencia en 34.74% respecto al concreto patrón.
- Por lo que se puede decir que el caucho en 3%, 5% y 7% vario significativamente la resistencia del concreto respecto al concreto patrón.

Tabla 12: resumen de las resistencias a la compresión promedio de los ensayos.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PROMEDIO				
DÍAS	CP	CCC 3%	CCC 5%	CCC 7%
3 días	155.87	112.45	94.44	82.98
7 días	238.41	191.61	163.88	138.22
28 días	349.35	318.82	279.20	228.01

Fuente: Elaboración propia

- En la tabla de resumen se observan los resultados promedio de los estudios de las muestras elaboradas con 0%, 3%, 5% Y 7% de caucho reciclado y curado a los 3, 7 y 28 días. Los cuales se podrán observar en los siguientes gráficos.

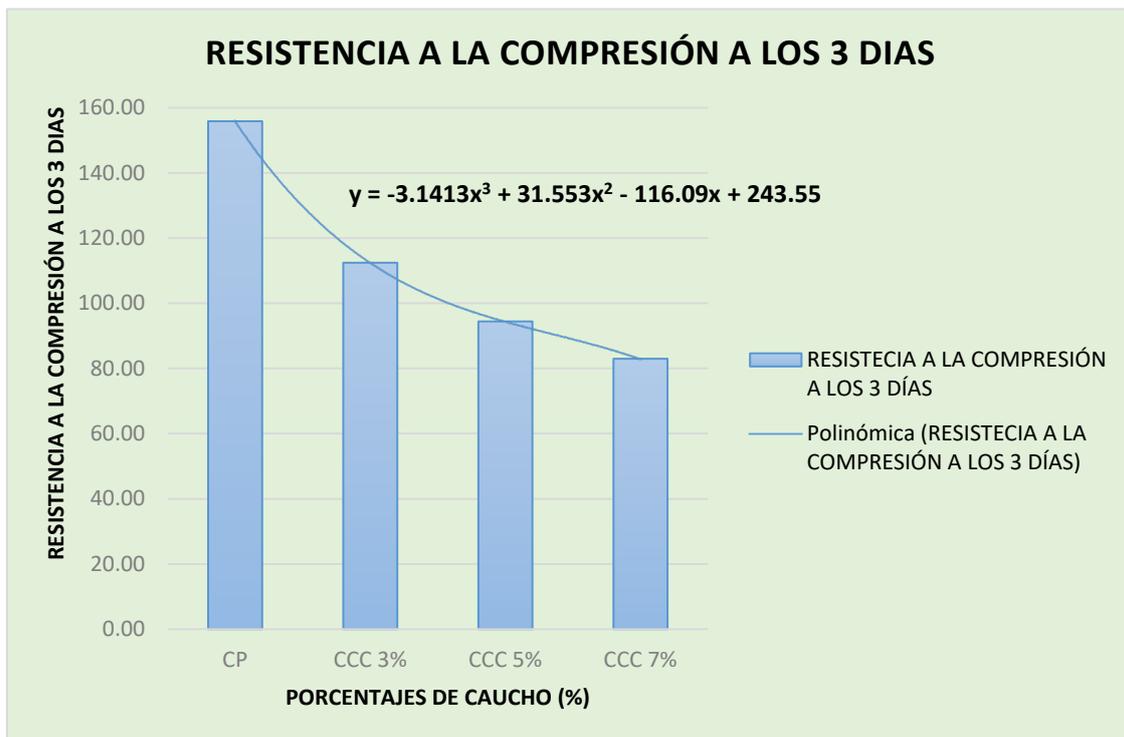


Figura 2: Resistencia a la compresión a los 3 días.

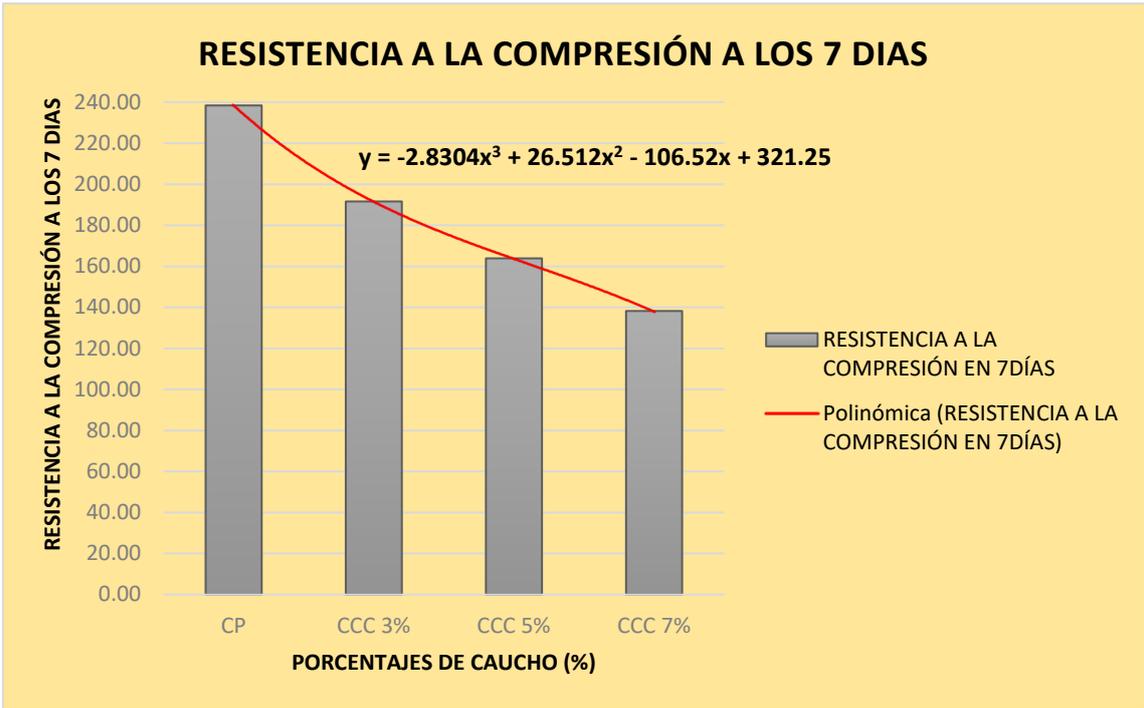


Figura 3: Resistencia a la compresión a los 7 días.

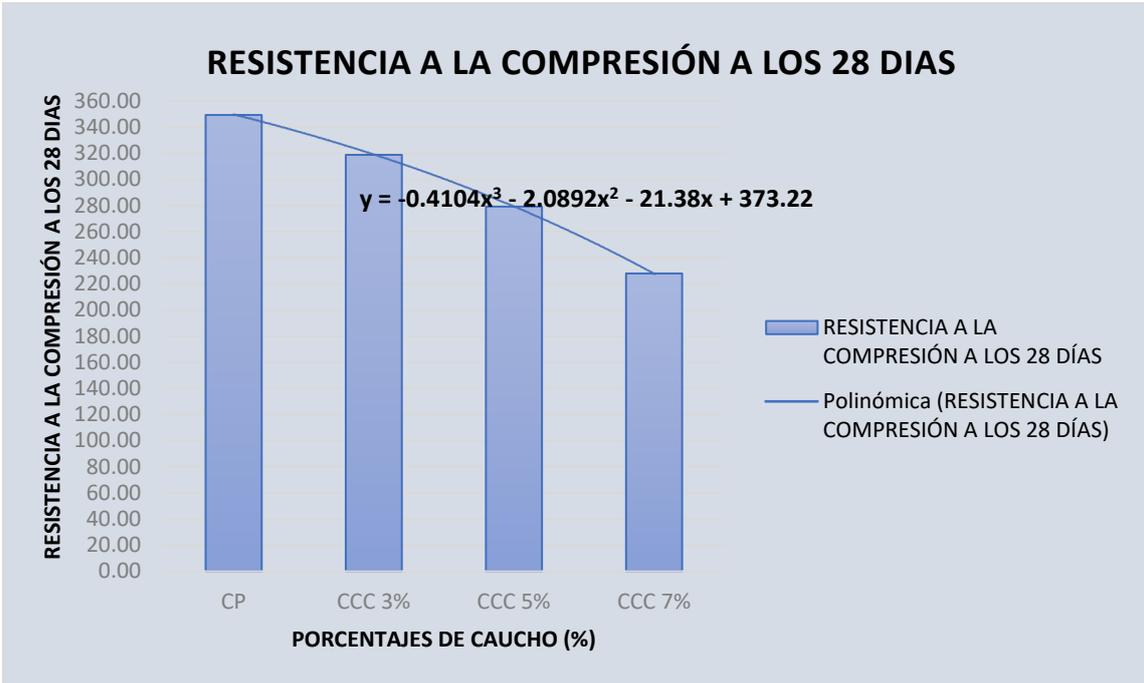


Figura 4: Resistencia a la compresión a los 28 días.

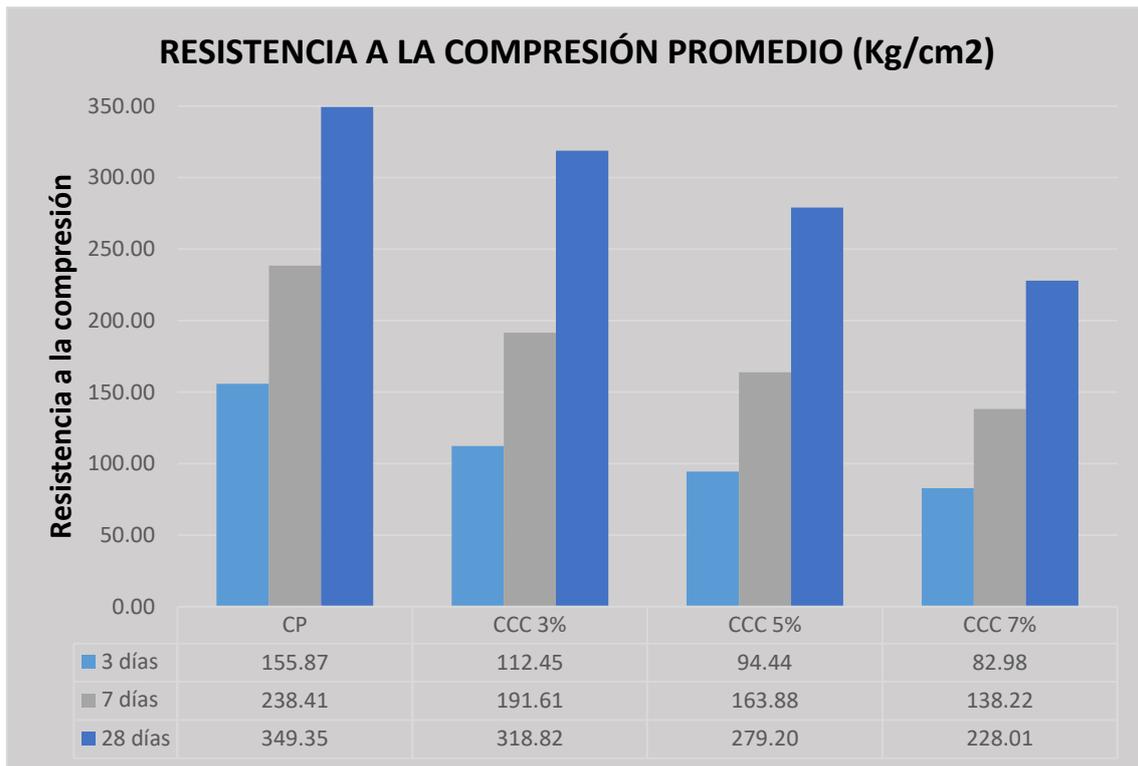


Figura 5: Resistencia a la compresión promedio para cada uno de los ensayos realizados con 0, 3, 5 y 7% de caucho a los 3, 7 y 28 días.

- Los resultados muestran que la incorporación de partículas de caucho reduce la resistencia a la compresión del concreto, es decir, disminuye con el aumento de la cantidad y el tamaño de partícula de caucho que se agregue al concreto.

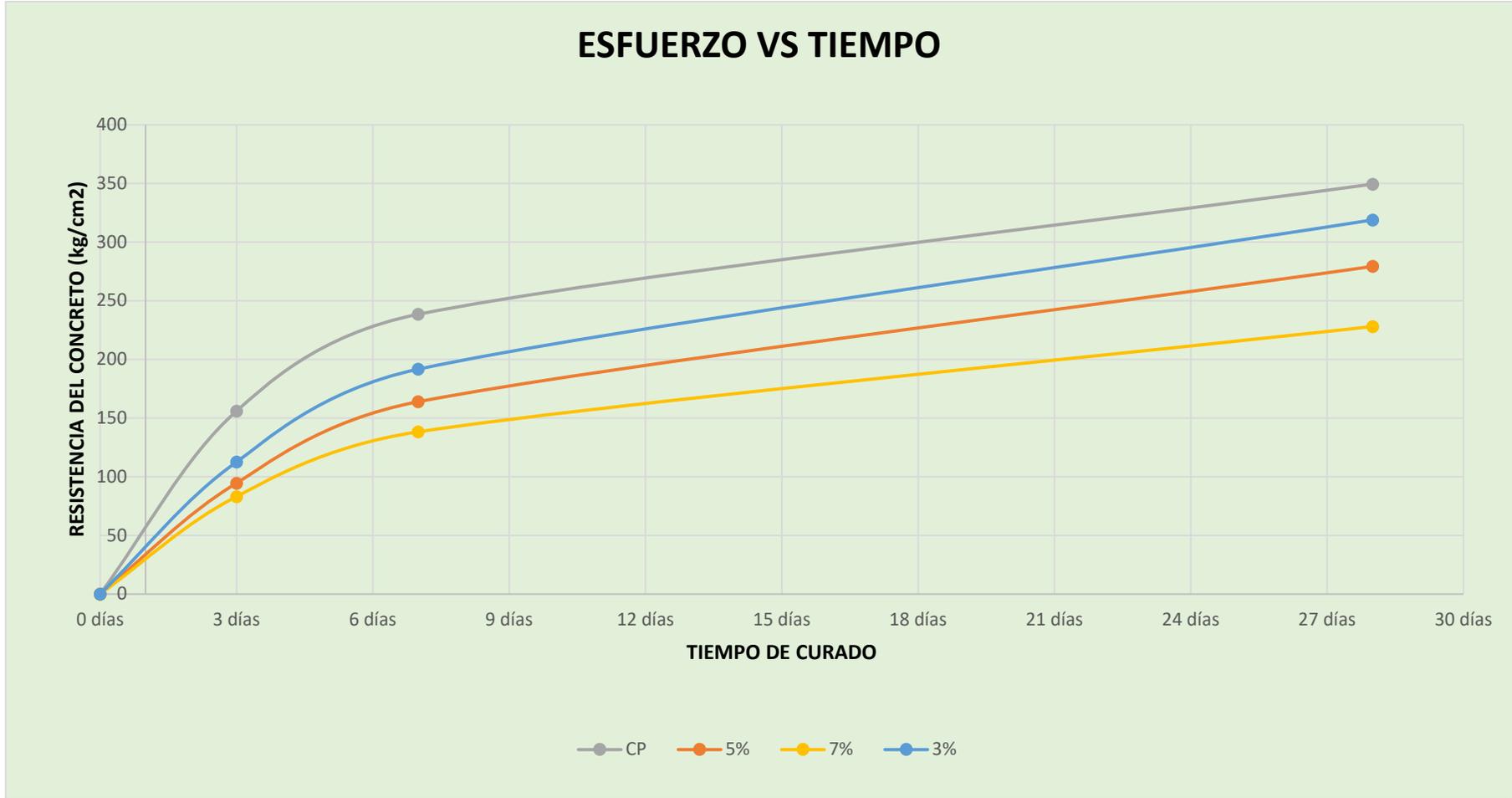


Figura 6: Resistencias del concreto en “kg/cm²” en función del tiempo, para los % de caucho reciclado en remplazo del agregado fino.

V. DISCUSIÓN.

- En este informe de investigación se calculó el diseño de mezcla patrón para los adoquines tipo I de 290 kg/cm^2 , para lo cual se diseñó teniendo como base las tablas confeccionadas por el comité 211 del ACI, como también la tabla 22 del RNE - CE.010. Obteniendo así la dosificación para un adoquín de $10 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$ los cual fue: 0.51 kg de cemento, 0.24 Lt de agua, 1.27 kg de agregado fino con un módulo de finura de 2.9% y 6.5% de contenido de humedad por ultimo 1.03 kg de agregado grueso de $3/8''$ con un contenido de humedad de 1.5% . Resultados similares a los obtenidos por Ydrogo (2019), que al realizar el diseño de mezclas para un adoquín de las mismas características obtuvo la dosificación de: 0.40 kg de cemento, 0.13 Lt de agua, 1.52 kg de agregado fino con un módulo de finura de 3.02% y 8.76% de contenido de humedad por ultimo 0.73 kg de agregado grueso de $3/8''$ con un contenido de humedad de 1.87% . Estos valores difieren de los nuestros debido a que las propiedades físicas de los agregados utilizados son diferentes a causa de la ubicación geográfica de las canteras.
- En la tabla 13 logramos observar que la resistencia a la compresión promedio para los a adoquines patrones es de 349.3 kg/cm^2 ensayado a los 28 días, este resultado cumple con lo establecido la norma RNE - CE.010, que nos dice que la resistencia promedio para adoquines tipo I es de $28 - 31 \text{ Mpa}$ ($290 - 320 \text{ kg/cm}^2$).
- Por otro lado analizando las resistencias a la compresión de los el adoquín modificado con un porcentaje de 3% , 5% y 7% de caucho en remplazo del agregado fino; podemos decir que en el caso de adoquines modificados con porcentajes de 3% de caucho, el valor de resistencia a la compresión de los 3 especímenes a los 28 días fue de: (310.042 kg/cm^2), (318.118 kg/cm^2) y (328.313 kg/cm^2); Con estos valores obtenemos un promedio de 318.82 kg/cm^2 valor inferior al concreto patrón; por lo cual no coincidimos con lo obtenido por Rey (2018), en sus resultados a los 28

días obtuvo una resistencia de 364.99 kg/cm² agregando 10% de caucho en la mezcla de concreto, y llegó a la conclusión de que es aconsejable utilizar porcentajes de caucho menores al 10%, lo cual nosotros estamos en desacuerdo utilizar el caucho en este porcentaje debido a que en nuestros resultados, mientras más porcentaje de caucho agregamos a la mezcla de concreto este tiende a disminuir su resistencia a la compresión.

De igual manera podemos decir que en el caso de adoquines modificados con porcentajes de 5% de caucho se obtuvo un valor promedio de 279.20kg/cm² a los 28 días realizado en 3 muestras, se puede determinar que la resistencia a la compresión varía significativamente en 20.08% respecto al concreto patrón por lo cual está muy por debajo de establecido en la norma RNE CE.010. Resultado similar a los obtenidos por Ydrogo (2019), que, al realizar el ensayo de 6 muestras a los 28 días, obtuvo las siguientes resistencias: (279.15 kg/cm²), (268.75 kg/cm²), (277.31 kg/cm²), (276.02 kg/cm²), (288.98 kg/cm²) y (284.99 kg/cm²), con los cuales obtuvo un valor promedio de 280 kg/cm², resultado que varía en 18% respecto a su concreto patrón. Igualmente, Abanto, Camacho, Hernández, Bravo y Guevara (2008), lograron una resistencia de 21 Mpa lo cual varía en 8% respecto a concreto de diseño. Por otro lado, Almeida (2011) agregando 5% de caucho reciclado en polvo en remplazo del agregado fino, logró una resistencia de 21.78 Mpa a los 28 días, superior en 8% respecto a la resistencia de su concreto patrón, lo cual recomienda su uso de este material. Por lo cual podemos decir que no es factible la fabricación de adoquines con 5% el caucho granular en remplazo del agregado fino puesto que en este porcentaje varía significativamente con respecto al concreto patrón, pero con los datos obtenidos por Almeida (2011) se recomienda utilizar el caucho en polvo, lo cual nosotros creemos que esto implica que se debe realizar más estudios que contribuyan a la investigación de Almeida para verificar si el caucho en polvo mejora las propiedades mecánicas del concreto.

Así mismo, en el caso de adoquines modificados con porcentajes de 7% de caucho obtuvimos los valores de resistencia a la compresión de: (225.070 kg/cm²), (221.615 kg/cm²) y (237.343 kg/cm²) Con estos valores se obtuvo un promedio de 228.01 kg/cm² a los 28 días, con esto se afirma que la resistencia está por debajo de lo establecido en la norma RNE CE.010, siendo esta variación 34.73% respecto al concreto de patrón. Datos que difieren con los valores obtenidos por Soto y Marín (2019), al agregar 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado grueso, obtuvo como resultado 23.7 Mpa, lo cual varió en 3.07 % respecto al concreto patrón. Por lo que nos dice que es recomendable optar por utilizar porcentajes de caucho menores al 7% ya que hasta este rango sus datos no variaron de manera relevante a los 28 días. Así mismo, Ledezma y Yauri (2018) lograron obtener resultados por debajo de lo permisible en las normas, ya que al utilizar el caucho en estado de polvillo en un 25%, 35% y 40% en remplazo del agregado fino. Obtuvo los siguientes resultados 30kg/cm², 8.33kg/cm², 8kg/cm², por lo que podemos decir que la resistencia varía significativamente con respecto al concreto patrón. Por lo cual podemos afirmar que no es factible la fabricación de adoquines con 7% de caucho granular en remplazo del agregado fino puesto que en este porcentaje varía significativamente con respecto a su concreto patrón, pero con los datos obtenidos por Soto y Marín (2019) recomienda utilizar el caucho en este porcentaje debido a que no varía de manera significativa al remplazar el caucho por el agregado grueso, por lo cual se cree que esto implica que se debe realizar más estudios que contribuyan a la investigación de Soto y Marín.

- Por otro lado, al comparar las propiedades del adoquín convencional y el adoquín modificado con porcentajes de caucho reciclado se observa en la tabla 12 que los modificados disminuyeron respecto al concreto patrón, en el caso del adoquín fabricado con 3% de caucho la resistencia se redujo 8.74%, fabricados con 5% de caucho redujo 20.08% y con 7% la resistencia disminuyó en 34.73%. Estos resultados son similares a los obtenidos por Abanto (2008), Donde el concreto fabricado con 5% de caucho fino redujo su resistencia en 26% respecto al concreto patrón y

añadiendo 5% de caucho grueso la resistencia se redujo 36%. Frente a lo mencionado en nuestra hipótesis que la resistencia a la compresión del adoquín adicionando % de caucho reciclado en sustitución del agregado fino se incrementa frente al adoquín convencional, alegamos que nuestra hipótesis es nula, debido a que de acuerdo con nuestros resultados al agregar 3, 5 y 7% de caucho reciclado en remplazo del agregado fino su resistencia a la compresión varia significativamente con respecto al concreto patrón. Con esto podemos decir que al utilizar el caucho como aditivo no mejora las propiedades mecánicas del concreto.

VI. CONCLUSIONES.

- Se realizó el análisis granulométrico y el contenido de humedad de los agregados finos como también para los agregados gruesos, clasificando a los agregados finos con un módulo de finura de 2.9% y un contenido de humedad de 6.50% y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/8" con contenido de humedad de 1.50%.
- Así mismo se obtuvo las resistencias a compresión de los adoquines convencionales, siendo el promedio de estos los siguientes resultados. A los 3 días de curado se obtuvo una resistencia de 155.87 kg/cm², 238.41 kg/cm² a los 7 días, y los 28 días de curado se obtuvo una resistencia de 349.35 kg/cm².
- Se obtuvo las resistencias a la compresión de las muestras con sustitución del agregado fino en 3% de caucho las cuales son : (112.45 kg/cm²), (191.61 kg/cm²) y (318.82 kg/cm²) a los 3, 7 y 28 días de curado respectivamente; Para las muestras con sustitución del agregado fino en 5% se obtuvo las resistencias: (94.44 kg/cm²), (163.88 kg/cm²) y (279.20 kg/cm²) a los 3, 7 y 28 días de curado respectivamente; Por último Para las muestras con sustitución del agregado fino en 7% se obtuvo las resistencias: a los 3 días (82.98 kg/cm²), a los 7 días (138.22 kg/cm²), y a los 28 días (228.01 kg/cm²).
- Se obtuvo los valores para las resistencias a la compresión del concreto patrón como también las resistencias de los remplazados por el agregado fino en 3%, 5% y 7% de caucho reciclado, donde, se nota que los concretos modificados con caucho varían significativamente en relación al concreto patrón. Por lo cual afirmamos que no es favorable el uso del caucho reciclado en estos porcentajes.

VII. RECOMENDACIONES.

- De acuerdo con nuestra investigación, al no lograr resultados positivos con la utilización del caucho en 3%, 5% y 7%, recomendamos realizar investigaciones sobre la resistencia a la Tracción y abrasión, para obtener un mejor alcance de la investigación y determinar su completo comportamiento mecánico.
- Se recomienda utilizar las medidas de seguridad implementadas por el laboratorio para estar protegidos no solo por el virus que estamos afrontando en estos tiempos, sino también de las distintas enfermedades que se observan diariamente, y a su vez concientizar a la población de estar debidamente protegidos a su disminuirá el índice de contagios.
- Se recomienda realizar los ensayos en concordancia de acuerdo a la normatividad como las normas técnicas peruanas (NTP), Reglamento nacional de edificaciones (RNE - CE.010 pavimentos urbanos), American Society for Testing and Materials (ASTM), entre otros debido a que son normas reglamentarias que se deben seguir para obtener buenas propiedades del concreto y evitar irregularidad en los diseños. debido a que son importantes para mantener un control periódico de las dosificaciones y componentes que se utilizan en el diseño de mezclas, por lo que una leve alteración implicaría fallas en la precisión en los ensayos a compresión.

VIII. REFERENCIAS

ALBANO. C, CAMACHO. N, HERNÁNDEZ. M, Bravo. A y Guevara H. Estudio de concreto elaborado con caucho de reciclado de diferentes tamaños de partículas. *Revista Facultad de ingeniería central de Venezuela* [en línea]. N 1, marzo de 2008 [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019 pp. 67-75]. Disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652008000100005&lng=es&nrm=iso
ISSN 0798-4065.

ALMEIDA, Neyva. Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato. Trabajo de titulación (ingeniero civil). ECUADOR: Universidad Técnica de Ambato ,2011. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4346>

ARIAS, Alonso; FUENTES Jafte y GRANADOS, Vicente. control de calidad de las propiedades de resistencia a la compresión, absorción y peso volumétrico para las unidades de carga de mampostería, fabricados mediante procesos manuales y semi- industriales utilizando agregados de las canteras de aramuaca y ereguayquín de la zona oriental de el salvador. Trabajo de titulación (ingeniero civil). El Salvador: Universidad de el Salvador. 2013.

Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/6297/1/50108001.pdf>

American Society for Testing and Materials (ASTM) Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos (ASTM C 136)

American Society for Testing and Materials (ASTM). Peso específico y absorción de agregados gruesos (ASTM C 127)

American Society for Testing and Materials (ASTM) Peso específico y absorción de agregados finos (ASTM C 128)

American Society for Testing and Materials (ASTM) Peso unitario y vacíos de agregados (ASTM C-29)

American Society for Testing and Materials (ASTM). Ensayo a la resistencia a la compresión - ASTM C39

American Concrete Institute ((ACI). Diseño de Mezcla comité 211.

American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Unit. ASTM C 936 – 01, ASTM C 936 – 01,

American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Specification of Aggregates for Concrete. ASTM C 33, ASTM C 33,

American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates. ASTM C 125 – 10a, ASTM C 125 – 10a,

American Society for Testing and Materials (ASTM). Standard Specification for Solid Concrete Interlocking Paving Units. ASTM C 936 – 08, ASTM C 936 – 01,

BACH, Ydrogo. “Resistencia a la compresión del adoquín convencional tipo I $f_c = 290 \text{ kg/cm}^2$, adicionando caucho al 5% y 10% como agregado fino”. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Cajamarca: universidad privada del norte, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/21952>.

BUŠIĆ, Robert, MILIČEVIĆ, Ivana, KALMAN, Tanja, STRUKAR, Kristina. Recycled Rubber as an Aggregate Replacement in Self-Compacting Concrete-Literature Overview. *Revista EE. UU. Materials* (Basel) [en línea]. V 11, n°9. 14 de septiembre de 2018 [Fecha de consulta: 2 de julio de 2020]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1996-1944/11/9/1729>
ISSN: s/n

MARCO, Raúl. Diseño y Elaboración de un Sistema de Adoquines de Bajo Costo y Material Reciclado para Construcciones en Núcleos Rurales. *Revista ESA/ICA* [en línea]. n°1, 2015 [fecha de consulta: 30 de septiembrede2019].

Disponible, en: https://www.researchgate.net/publication/296622415_Diseño_y_elaboracion_de_un_sistema_de_adoquines_de_bajo_costo_y_material_reciclado_para_construcciones_en_nucleos_rurales

ISSN: s/n

DOBLE, Wangzhen, WANGBAO, Min, SU, Haolin y CUIZHENG, Long. Efecto de las partículas de caucho sobre la durabilidad del hormigón reciclado. *Revista del Instituto de Tecnología de Harbin* [en línea]. V 047, n°6. 2015. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2020, pp.109-112].

Disponible, en: http://www.istic.ac.cn/suoguan/detailed.htm?dbname=zw_qk&wid=0120150906251608

ISSN: s/n

ECHAVEGUREN, Tomás. Manual de Diseño de Pavimentos de Adoquines de Hormigón Una revisión de la literatura. *Revista Instituto del Cemento y Hormigón de Chile*. [en línea]. 2013. [fecha de consulta: 10 de octubre del 2019].

Disponible, en: https://issuu.com/ich_mkt/docs/manual_diseno_de_pavimentos_de_adoq

ISSN: s/n

FARFÁN, Marlon, LEONARDO, E. Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Revista Ingeniería de Construcción RIC* [en línea]. v.33, n°3, mayo del 2018. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019, p.241-250].

Disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v33n3/0718-5073-ric-33-03-241.pdf>.

ISSN: 0718-5073

FERNÁNDEZ, Collado, BAPTISTA, Lucio. Metodología de la investigación [en línea]. 6. Ed.2014. México D.F: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V,2014. [fecha de consulta: 18 de septiembre del 2019]. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

GAGGINO, Rosana. ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para el autoconstrucción. *Revista invi* [en línea]. n.º63, 2008. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en <http://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/446/955>.

ISSN: 0718-8358.

GORDILLO, Timoteo. Pavimentos de adoquines de hº. *Revista Yumpu* [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en <https://www.yumpu.com/es/document/view/49865184/pavimentos-de-adoquines-de-h-icpa>

ISSN: s/n

HADZIMA, Marijana, KARLO, Emmanuel, ADEMOVIĆ, Naida; MILIČEVIĆ Ivana y KALMAN, Tanja. Modelling the Influence of Waste Rubber on Compressive Strength of Concrete by Artificial Neural Networks. *Revista EE. UU. Materials (Basel)* [en línea]. V 12, nº4,13 de febrero de 2019. [Fecha de consulta: 2 de julio de 2020.]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6416612/>

ISSN: s/n

HUANCA, Samuel. Diseño de mezclas de concreto. *Revista Universidad Nacional Del Altiplano* [en línea]. n.º1, 2006. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019].

Disponible, en: https://issuu.com/elvizorro/docs/dise_o_de_mezclas_de_concreto

ISSN: s/n

JAIMES, Luis; Torres, Karina. aprovechamiento del GCR para la elaboración de adoquines ecológicos como alternativa a la industria constructiva. *Revista Politécnica* [en línea]. V 15, n°.29, 19 de mayo del 2019 [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/1520/1222>
ISSN: 1900-2351.

LEDEZMA Felipe y YAURI Wilder. diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Huancavelica, 2018. Disponible en:
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/TESIS_2018_ING%20CIVIL_LEDEZMA%20CHUMBES%20FELIPE%20Y%20YAURI%20HUIZA%20WILDER_PDF.pdf

MA Yiping; LIU Xiaoyong; YANG Jakuchu; LI Yang; SHI Zhongyi Propiedades físicas y mecánicas del hormigón de caucho modificado. *Revista del Instituto de Tecnología de Harbin* [en línea]. V 012, n°.004, 2009. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020, pp. 379-383]. Disponible en:http://www.istic.ac.cn/suoguan/detailed.htm?dbname=zw_qk&wid=0120100301896144
ISSN: s/n

MIRANDA Elfer; CASTAÑEDA Doris; BECERRA Jorge; SUÁREZ Carlos; ROMERO Ricardo; LLATAS Lino; MIRANDA Juan. Seminario de proyecto de tesis-Metodología de la investigación. Cajamarca 2014

MIRANDA Elfer; CASTAÑEDA Doris; BECERRA Jorge; SUÁREZ Carlos; ROMERO Ricardo; LLATAS Lino. Seminario de proyecto de tesis-Metodología de la investigación. Cajamarca 2013

MIRANDA,Rosa, SEGOVIA,Ciro y SOSA, Cesar. Pirolisis de Llantas Usadas: Estudio Cinético e Influencia de Variables de Operación. *Revista Información tecnológica* [en línea]. n°.2, 2006. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642006000200003

ISSN : 0718-0764.

MOUSA, Magda. Efecto de la temperatura elevada sobre las propiedades del humo de sílice y los hormigones de alta resistencia rellenos de caucho reciclado (RHSC). *Revista egipcia HBRC Journal* [en línea]. V 13, n°.1, 17 mayo 2019. [Fecha de consulta: 1 de julio de 2020,pp.1-7]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1016/j.hbrcj.2015.03.002?needAccess=true>

ISSN: 1687-4048

Norma técnica peruana. Unidades de Albañilería, Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos. NTP 399.611 (2015).

Norma técnica peruana Unidades de Albañilería, Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto. Requisitos. NTP 399.604 (2002).

PÉREZ Efraín. Utilización de caucho de neumáticos reciclados en mezclas asfálticas para pavimento. *Revista investigación tecnológica Bolivia* [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 25 de octubre del 2019]. Disponible, en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rtc/n13/n13_a05.pdf

ISSN: s/n

PELÁEZ Arroyave, GABRIEL, Jaime; VELÁSQUEZ, Restrepo; SANDRA, Milena; Giraldo, Vásquez; HERNÁN, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: Una revisión de la literatura. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina*. [en línea]. 14 de febrero 2017. [fecha de consulta: 16 de septiembre del 2019].

Disponible en: <file:///F:/referencias/91150559002.pdf>

ISSN: 1909-77035

PLAZAS Seidel y GAMBIA Gustavo; Caracterización de las propiedades mecánicas de adoquines de concreto con adición de residuo de caucho reciclado producto de llantas usadas. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Bogotá, 2015. Disponible en:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3201/1/CARACTERIZACION%20DE%20LAS%20PROPIEDADES%20MECANICAS%20DE%20ADOQUINES%20DE%20CONCRETO%20CON%20ADICION%20DE%20RESIDUO%20DE%20CAUCHO%20REICLADO%20PRODUCTO%20DE%20LAS%20LLANTAS%20USADAS.pdf>

Realización de ensayos de laboratorio de hormigón con caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU) por BARRA, Marilda [et al.]. Catalunya. Editorial de la Escuela politécnica superior de Edificación de Barcelona, 2009, 76 pp. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2020]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6046/Hormig%C3%B3n_con_caucho.pdf?sequence=4&isAllowed=y

REY, Erick. 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 articulados. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Cajamarca, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/13848/Rey%20Angulo%20Erick%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reglamento nacional de Edificaciones. Concreto armado. RNE E-060, RNE E-060.

Revista Colombiana. Manual Técnico para Instalación de Pisos en Adoquin de Arcilla [en línea]. Bogotá: SANTAFÉ, 2013. [fecha de consulta: 20 de octubre del 2019].

Disponible en: https://neufertcdn.archdaily.net/uploads/product_file/file/67575/Manual_de_Instalaci%C3%B3n_Adoquines_Espa%C3%B1ol.pdf

SÓRDIDA, Sandra. Adoquines 2015. *Revista de psicoanálisis y cultura* [en línea]. 2015, n 2. [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en: https://issuu.com/jorgeeduardoalonso/docs/adoquines_2_con_tapa

ISSN: s/n

SOTO, Mateo y MARÍN, Juan, análisis del concreto con caucho como aditivo para aligerar elementos estructurales. Trabajo de titulación (ingeniero, civil). Pereira, 2019. Disponible en:

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17858/ANALISIS%20DEL%20CONCRETO%20CON%20CAUCHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VILA, P ; PEREYRA, M. N. y GUTIERREZ, Á. Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín. *Revista ALCONPAT* [en línea]. n.º3, diciembre del 2017, [fecha de consulta: 30 de septiembre de 2019]. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-68352017000300247&lng=es&nrm=iso

ISSN 20076835.

WANG, Xiaoming y SUN, Yang; Efecto de las partículas de caucho sobre el rendimiento de la mezcla de asfalto. *Revista Tecnología de transporte en carretera: edición de tecnología aplicada* [en línea]. V 000, n 004, 2019. [Fecha de consulta: 5 de julio de 2020, pp. 82-84]. Disponible en:

http://www.istic.ac.cn/suoguan/detailed.htm?dbname=zw_qk&wid=0120190705997859

ISSN: s/n

YUGSI, Adriana, Análisis de las propiedades mecánicas de adoquines elaborados con hormigón y polvillo de caucho de neumáticos reciclados y su correlación con adoquines convencionales. Trabajo de titulación (ingeniero, civil). Quito, 2018. Disponible en:

<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/T-UCE-0011-IC333-2018.pdf>

ZEVALLOS Miguel. Valoración De Propiedades Mecánicas Y De Durabilidad De Adoquines Adicionado Con Residuos De Llantas De Caucho. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Abancay – Apurímac 2018. Disponible, en: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/390746943,Adoquines-de-Concreto-Adicionado-Con-Caucho-Reciclado.pdf>

IX. ANEXOS.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VD: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Es la capacidad de un material de soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo cuando es sometida a un ensayo de compresión con una maquina especifica en un laboratorio. (Díaz, 2017)	Se indujeron cambios deliberados en la composición del concreto por porcentajes de caucho reciclado para identificar los cambios que este sufre en el producto final.	Análisis granulométrico (%)	Cuantitativa de razón
			Análisis del contenido de humedad (%)	
			Resistencia a la compresión según NTP 339.034, ASTM C39; ensayados a los 3, 7 y 28 días. (kg/cm ²)	
VI: CAUCHO RECICLADO	Es la capacidad de un material de soportar una carga por unidad de área y se expresa en términos de esfuerzo cuando es sometida a un ensayo de compresión con una maquina especifica en un laboratorio. (Díaz, 2017).	El agregado fino será remplazado por el caucho reciclado de 4 mm en porcentajes de 3, 5 y 7% .	Caucho reciclado en porcentajes (%)	Cuantitativa nominal

Tabla 13: Resumen de las aplicaciones del adoquín según su nivel de solicitud y grupo de aplicación.

Nivel de solicitud de tránsito	Grupo de aplicación	Tipo de aplicación
Baja	Espacios públicos	-Veredas. -Plazas. -Ciclo vías.
	Residencias	-Entradas de vehículos. -Senderos. -Espacios recreacionales. -Estacionamientos esporádicos.
Media	Proyectos comerciales	-Estacionamientos masivos. -Paraderos de taxi. -Terminales de buses. -Estaciones de servicio. -Veredas en parques.
	Caminos y calles	-Cruces peatonales. -Calles y pasajes. -Plazas de peaje.
Alta	Áreas industriales	-Patios de cargas de puertos. -Aeropuertos. -Zonas militares. -Rellenos sanitarios.

Fuente: (ICPI, 2003)

Tabla 14: *tipos* de adoquín según su uso

TIPO	USO
I	Adoquines para pavimentos de uso peatonal
II	Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero
III	Adoquines para tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores

Fuente: (RNE- CE.010, 2018)

Tabla 15: espesor nominal y resistencia a la compresión según el tipo de adoquín.

TIPO	ESPESOR (mm)	PROMEDIO* (MPa)	MINIMO* (MPa)
I	40	31	28
	60	31	28
II	60	41	37
	80	37	33
III	100	35	32
	≥ 80	55	50

Fuente: (RNE- CE.010, 2018)

Tabla 16: Requerimientos mínimos para la fabricación de adoquines tipo I.

Ensayo	Requisito	Norma de Referencia	Norma de ensayo
DIMENSIÓN	Largo: 20 cm	NTP 399.611	NTP 339.604
	Ancho: 10 cm		
	Alto: 6 cm		
VARIACIÓN DIMENSIONAL	Largo y Ancho: ± 1.6 mm	NTP 399.611	NTP 339.604
ABSORCIÓN, Max., % (promedio de 3 unidades) (unidad individual)	≥ 6% del peso seco	n/a	NTP 339.604
	≥ 7% del peso seco	NTP 399.611	
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, Min., MPa	31 MPa (310 kg/cm ²)	NTP 399.611	NTP 339.604
Respecto al área bruta promedio (promedio de las 3 unidades) (unidad individual)	28 MPa (290 kg/cm ²)		
	Usos	Color y textura	
	Adoquines de concreto, para pavimento vehicular y peatonal	Conforme a muestra aprobada	

Fuente: Dino 2007.

Tabla 17: cantidad de muestras según su porcentaje de caucho.

RESULTADOS		FACTORES DE ANÁLISIS			
		PATRÓN	CON CAUCHO RECICLADO		
dosificación		sin caucho 0%	agregando 3%	agregando 5%	agregando 7%
Resistencia a la compresión	3 días	CP-1	CCC3%-1	CCC5%-1	CCC7%-1
		CP-2	CCC3%-2	CCC5%-2	CCC7%-2
		CP-3	CCC3%-3	CCC5%-3	CCC7%-3
	7 días	CP-4	CCC3%-4	CCC5%-4	CCC7%-4
		CP-5	CCC3%-5	CCC5%-5	CCC7%-5
		CP-6	CCC3%-6	CCC5%-6	CCC7%-6
	28 días	CP-7	CCC3%-7	CCC5%-7	CCC7%-7
		CP-8	CCC3%-8	CCC5%-8	CCC7%-8
		CP-9	CCC3%-9	CCC5%-9	CCC7%-9
Total de muestras		9	9	9	9

Fuente: elaboración propia.

- Dónde: CP : Adoquín patrón sin partículas de caucho.
 CCC3% : Adoquín con caucho sustituido el 3% de agregado fino.
 CCC5% : Adoquín con caucho sustituido el 5% de agregado fino.
 CCC7% : Adoquín con caucho sustituido el 7% de agregado fino.



Figura 7: Neumáticos desechados en el Milagro - Trujillo.

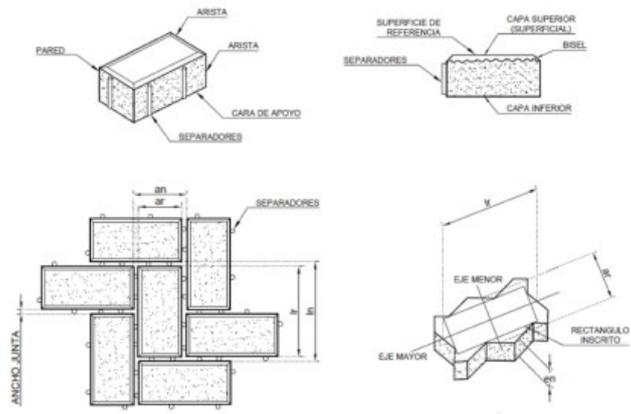


Figura 8: forma y patrón en el que se distribuir los adoquines.

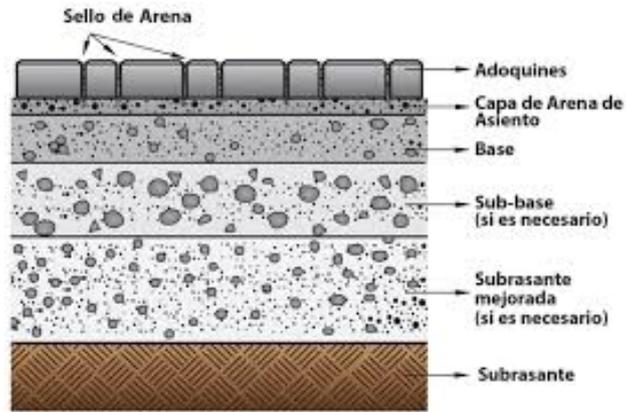


Figura 9: Estructura típica de un pavimento de adoquín.

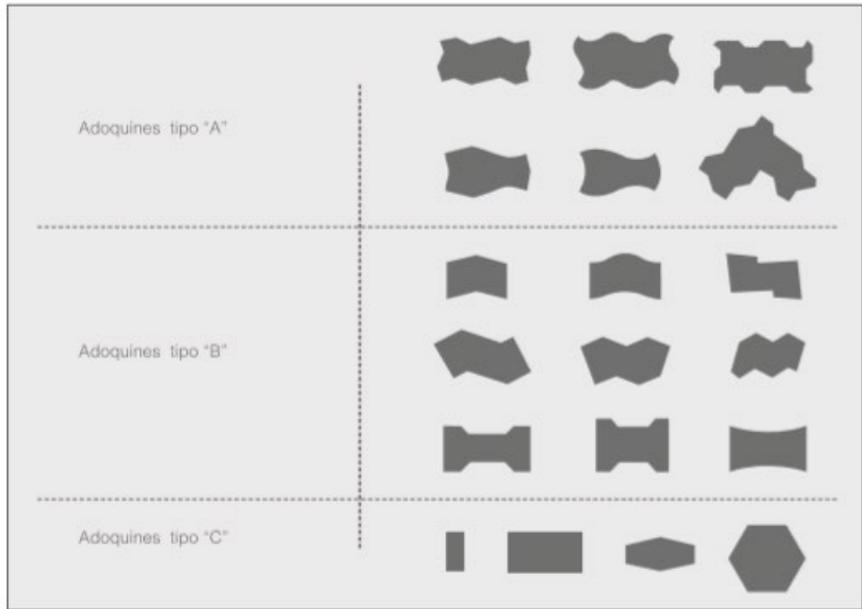


Figura 10: Tipo de adoquines según su clasificación.



Figura 11: Caucho de granulometría 4 mm.

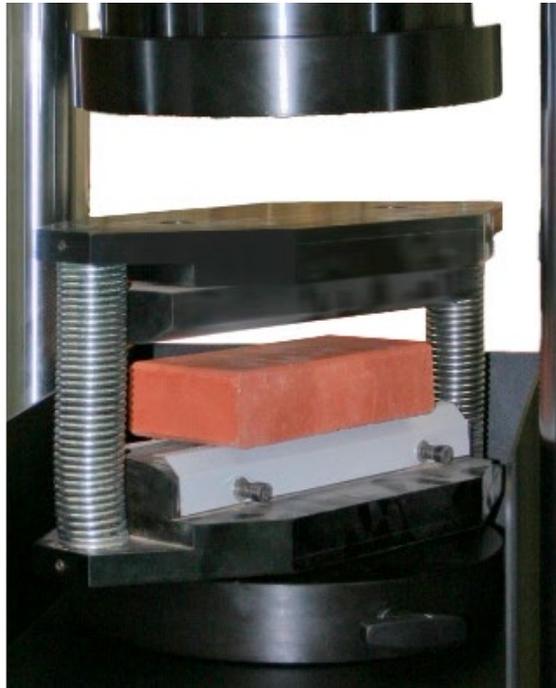


Figura 12: Máquina hidráulica de ensayos a la compresión.

Tabla 18: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximo de agregados.

ASENTAMIENTO O SLUMP	AGUA EN LT/M3 DE CONCRETO PARA LOS TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS GRUESOS Y CONSISTENCIA INDICADOS							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
CANTIDAD APROXIMADA DE AIRE ATRAPADO, EN PORCENTAJE	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	246	205	197	184	174	166	154	---
PROMEDIO RECOMENDADO PARA EL CONTENIDO TOTAL DE AIRE, EN PORCENTAJE	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Tabla 19: Relación agua cemento y resistencia a la compresión del concreto.

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (fcp) (kg/cm2)	RELACION AGUA - CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450 kg/cm2	0.38	---
400 kg/cm2	0.43	---
350 kg/cm2	0.48	0.40
300 kg/cm2	0.55	0.46
250 kg/cm2	0.62	0.53
200 kg/cm2	0.70	0.61
150 kg/cm2	0.80	0.71

Fuente: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.

Tabla 20: Volumen de agregado grueso por unidad de volumen de concreto.

TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO (*) POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO, PARA DIFERENTES MODULOS DE FINEZA DE AGREGADO FINO			
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	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	0.70
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: Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI.



Figura 13: Elaboración del molde del adoquín.



Figura 14: Elaboración del concreto



Figura 15: Elaboración de los adoquines

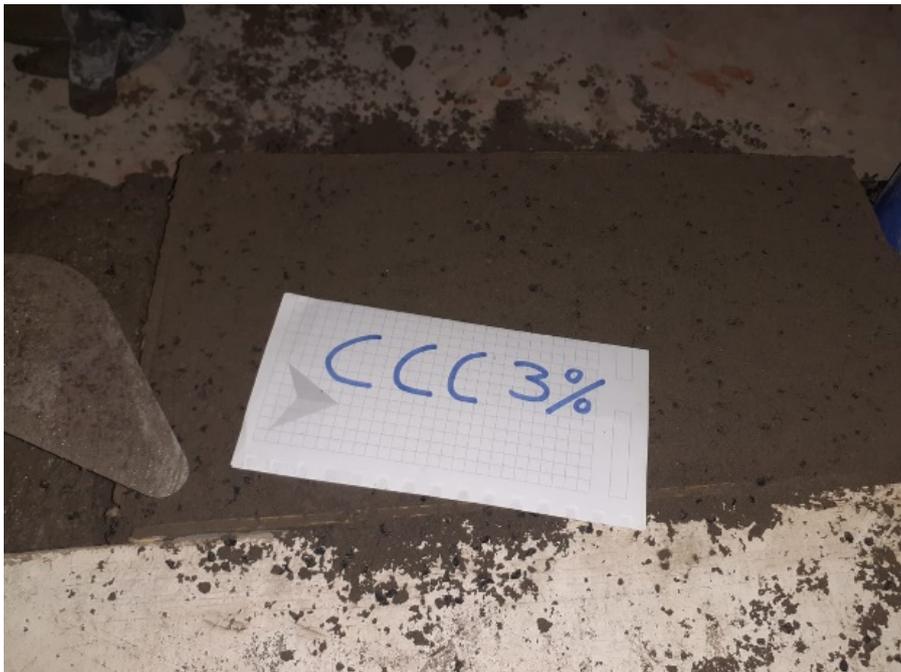


Figura 15: Adoquines con 3% de caucho

Anexo diseño de mezcla

PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO	
	FINO	GRUESO
PERFIL	-	Angular
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	-	3/8"
PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO	2582 kg/m ³	2610 kg/m ³
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO	1956 kg/m ³	1535 kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1896 kg/m ³	1692 kg/m ³
CONTENIDO DE HUMEDAD	6.50%	1.50%
% DE ABSORCIÓN	2.50%	2.40%
MÓDULO DE FINURA	2.9	
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO	3120 kg/m ³	

SOLUCIÓN:

PASO N°1

ASENTAMIENTO = **1" a 2"** (DE TABLA 19)

PASO N°2

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO = **3/8"** (DATO)

PASO N° 3

CON LOS VALORES DE TMN Y ASENTAMIENTO, TENEMOS QUE:

AGUA DE MEZCLADO = **207** **lt/m³** (DE TABLA 19)

% DE AIRE ATRAPADO = **3** **%** (DE TABLA 19)

PASO N° 4 (DE TABLA 20)

CON EL VALOR f_c 290 kg/cm² REQUERIDO TENEMOS LA RELACION AGUA/CEMENTO.

ASUMIENDO UNA DESVIACION ESTANDAR 15%

$$\begin{array}{rclclcl}
 F'c = & 290 \text{ kg/cm}^2 & + & 1.33 & X & \mathbf{15} & = & \mathbf{309.95} \\
 F'c = & 290 \text{ kg/cm}^2 & + & 2.33 & X & \mathbf{15} & - & 35 \\
 F'c = & 289.95 & & & & & & \text{SE CONSIDERA EL VALOR MAYOR}
 \end{array}$$

350 kg/cm ²	0.48
310 kg/cm²	x = 0.536
300 kg/cm ²	0.55
a/c = 0.536	

1) CALCULO F'_{cr} (resistencia promedio requerida)

$$- F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

a) Cuando tenemos la DESVIACION ESTANDAR.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$F'_{cr} = F'c + 1.33xS \dots\dots\dots(i)$$

$$F'_{cr} = F'c + 2.33xS - 35 \dots\dots(ii)$$

PASO N° 5

CONTENIDO DE CEMENTO

$$\text{CEMENTO} = \frac{207}{0.536}$$

CEMENTO = 386.14 kg 9.09 bolsas

PASO N° 6

CON LOS VALORES: (TABLA 21)

TMN = 3/8" (DATOS)

mf = 2.90 (DATOS)

2.800	0.460
2.900	x = 0.450
3.000	0.440

VOL. SECO Y COMPACT. DE AG. GRUESO = **0.450m³**

LUEGO: PESO SECO AG. GRUESO **0.450m³** * 1692 kg/m³

PESO SECO AG. GRUESO 761.40 kg

PASO N° 7

METODO DE LOS VOLUMENES ABSOLUTOS

VOL. ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR m3 DE CONCRETO:

CEMENTO=	$\frac{386.14}{3120 \text{ kg/m}^3}$	0.124 m3
AGUA =	$\frac{207}{1000}$	0.207 m3
AIRE ATRAP.	$\frac{3}{100}$	0.030 m3
A. GRUESO=	$\frac{761.40}{2610 \text{ kg/m}^3}$	0.292 m3

TOTAL 0.652 m3

LUEGO :

VOL. ABS. AG. FINO =	1m3	-	0.652m3
VOL. ABS. AG. FINO =	0.348m3		

POR LO TANTO:

PESO AGREG. FINO =	0.348m3	*	2582 kg/m3
PESO AGREG. FINO =	897.28 kg		

RESUMEN DE DISEÑO EN ESTADO SECO	
CEMENTO	386.14 kg
AGUA DE MEZCLADO	207 kg
A. GRUESO (SECO)	761.40 kg
A. FINO (SECO)	897.28 kg

PASO N° 8

AJUSTES POR HUMEDAD..

PESOS HUMEDOS DE LOS MATERIALES POR m3 DE CONCRETO

$\text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1\right)$	PESOS	% W	TOTAL
A. GRUESO (SECO)	761.40	1.50%	772.8 kg
A. FINO (SECO)	897.28	6.5%	955.6 kg

APORTE DE AGUA ALA MEZCLA

$\frac{(\%w - \%abs) \times \text{Agregado seco}}{100}$	PESOS	% W	% ABS..	APORTE DE AGUA
A. GRUESO (SECO)	761.40	1.50%	2.40%	-6.85 Lt/m3.
A. FINO (SECO)	897.28	6.50%	2.50%	35.89 Lt/m3.
			TOTAL	29.04 Lt/m3.
AGUA FECTIVA				
AGUA =	207.00	-	29.04	= 177.96 Lt/m3.

ES DECIR LOS PESOS DE LOS MATERIALES SERAN...

CEMENTO	386.14 Kg/m3
AGUA DE MEZCLADO	177.96 Lt/m3.
A. GRUESO	772.82 Kg/m3
A. FINO	955.60 Kg/m3



INGEOMA

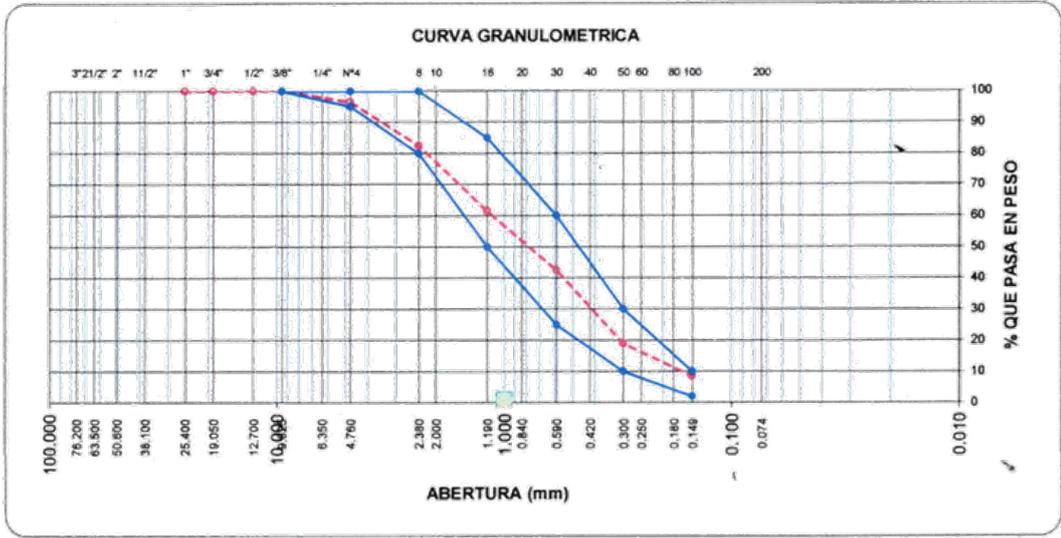
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO FINO
NTP 400.012

Proyecto : "EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
Solicitante : CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO **Certificado:** LMSC - ACR - 01
 RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
Responsable : ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG. CIP N° 101231)
Ubicación : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
Muestra : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA
Cantera : CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
Fecha : Mayo - 2020

Datos de Ensayo
Peso de muestra húmeda : _____
Peso de muestra seca : 2289.71 **Fracción :** 0.0
Peso de muestra lavada : _____

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	: 491.99
Ss + Tara	: 467.38
Tara	: 88.76
Peso Agua	: 24.61
Peso Suelo Seco	: 378.62
Humedad(%)	: 6.50

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación Gradación - C	Características del Agregado
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		Tam. Máx. Nominal: N° 4
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		Módulo de Fineza : 2.90
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		Perfil : Redondeado
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0	100	Observación:
No4	4.760	79.58	3.5	3.5	96.5	95	Clas. SUCS : SP
8	2.380	321.87	14.1	17.5	82.5	80	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
16	1.190	481.94	21.0	38.6	61.4	50	Arena limpia mal graduada
30	0.590	432.70	18.9	57.5	42.5	25	
50	0.300	542.06	23.7	81.2	18.8	10	
100	0.149	237.91	10.4	91.5	8.5	2	
<100		193.85	8.5	100.0			
Total		2289.71					



OBSERVACIONES : _____

INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. CIP 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

PROYECTO :	"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
SOLICITANTE :	CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
RESPONSABLE :	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)
UBICACIÓN :	TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA :	AGREGADO FINO - ARENA GRUESA
CANTERA :	CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
FECHA :	Mayo-2020
CERTIFICADO :	LMSC - ACR - 01

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000 / ASTM C 127)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)				
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)				
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A - B				
D	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)				
E	VOL. DE MASA = C - (A - D)				
	P.e.BULK (BASE SECA) = D / C				
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / C				
	P.e.APARENTE (BASE SECA) = D / E				
	% DE ABSORCION = ((A - D) / D) x 100				

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000 / ASTM C 128)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)	500.0	500.0	500.0	
B	PESO FRASCO + H2O	659.7	651.3	667.2	
C	PESO FRASCO + H2O + (A) (A + B)	1,159.7	1,151.3	1,167.2	
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRASCO	966.2	957.5	973.6	
E	VOLUMEN MASA+VOL.VACIO	193.5	193.8	193.6	
F	VOLUMEN DE MASA	181.3	181.8	181.2	
G	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)	487.8	488.0	487.6	
	P.e.BULK BASE SECA (G/E)	2.521	2.518	2.519	2.519
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / E	2.584	2.580	2.583	2.582
	P.e.APARENTE (BASE SECA) (G/F)	2.691	2.684	2.691	2.689
	% DE ABSORCION = ((A - G) / G) x 100	2.501	2.459	2.541	2.500

OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. C. N° 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

NTP 400.017 / ASTM C 29

PROYECTO : "EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
SOLICITANTE : CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO
 RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
RESPONSABLE : ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)
UBICACION : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA : AGREGADO FINO - ARENA GRUESA
CANTERA : CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
FECHA : Mayo-2020
CERTIFICADO : LMSC - ACR - 01

AGREGADO FINO (SUELTO)

MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
1 PESO DE MUESTRA (Kg)	5.511	5.525	5.516	
2 VOL. RECIPIENTE (m3)	0.0028203	0.0028203	0.0028203	
PESO UNIT. SUELTO Kg/m3	1,954	1,959	1,956	1,956

AGREGADO FINO (COMPACTADO)

MUESTRA	1	2	3	PROMEDIO
1 PESO DE MUESTRA (Kg)	5.338	5.345	5.357	
2 VOL. RECIPIENTE (m3)	0.0028203	0.0028203	0.0028203	
PESO UNIT. COMPACTADO Kg/m3	1,893	1,895	1,899	1,896

OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
 R. CIP. 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS

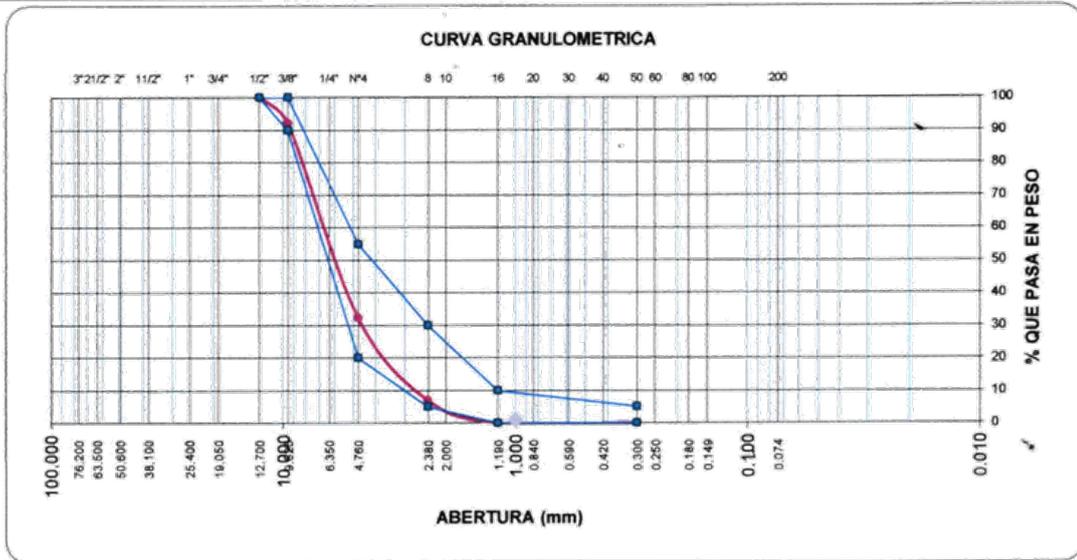
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO

NTP 400.012

Proyecto :	"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"	
Solicitante :	CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO	Certificado: LMSC - ACR - 02
	RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS	
Responsable :	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)	
Ubicación :	TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD	
Muestra :	AGREGADO GRUESO - GRAVA T.M.N. 3/8"	
Cantera :	CERRO CAMPANA - EL MILAGRO	
Fecha :	Mayo - 2020	
Datos de Ensayo		
Peso de muestra humeda :		
Peso de muestra seca :	3761.94	Fracción : 0.0
Peso de muestra lavada :		

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	444.81
Ss + Tara	439.41
Tara	79.72
Peso Agua	5.40
Peso Suelo Seco	359.69
Humedad(%)	1.50

Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificaciones	Características
1 1/2"	38.100				100.0		Tam. Máx. Nominal : 3/8"
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0		Módulo de Fineza : 5.69
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0		Perfil : Angular
1/2"	12.700	0.00	0.0	0.0	100.0	100	Observaciones:
3/8"	9.525	298.51	7.9	7.9	92.1	90	Clas. SUCS : GP
4	4.760	2248.03	59.8	67.7	32.3	20	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
8	2.380	952.70	25.3	93.0	7.0	5	Grava limpia mal graduada
16	1.190	262.70	7.0	100.0	0.0	0	
50	0.300	0.00	0.0	100.0	0.0	0	
< 50		0.00	0.0	100.0	0.0	0	
Total		3761.94					



OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R. CIP 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

PROYECTO :	"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
SOLICITANTE :	CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
RESPONSABLE :	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)
UBICACIÓN :	TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA T.M.N. 3/8"
CANTERA :	CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
FECHA :	May-2020
CERTIFICADO :	LMSC - ACR - 02

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000 / ASTM C 127)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)	3,003.2	3,004.6	3,006.0	
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)	1,851.2	1,853.8	1,855.1	
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A - B	1,152.0	1,150.8	1,150.9	
D	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)	2,933.1	2,934.6	2,934.8	
E	VOL. DE MASA = C - (A - D)	1,081.9	1,080.8	1,079.7	
	P.e.BULK (BASE SECA) = D / C	2.546	2.550	2.550	2.549
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.607	2.611	2.612	2.610
	P.e.APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.711	2.715	2.718	2.715
	% DE ABSORCION = ((A - D) / D) x 100	2.390	2.385	2.426 *	2.400

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000 / ASTM C 128)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)				
B	PESO FRASCO + H2O				
C	PESO FRASCO + H2O + (A) (A + B)				
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRASCO				
E	VOLUMEN MASA+VOL.VACIO				
F	VOLUMEN DE MASA				
G	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)				
	P.e.BULK BASE SECA (G/E)				
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / E				
	P.e.APARENTE (BASE SECA) (G/F)				
	% DE ABSORCION = ((A - G) / G) x 100				

OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R.CIP. 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

PROYECTO :	"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
SOLICITANTE :	CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
RESPONSABLE :	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)
UBICACIÓN :	TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA T.M.N. 3/8"
CANTERA :	CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
FECHA :	May-2020
CERTIFICADO :	LMSC - ACR - 02

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000 / ASTM C 127)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)	3,003.2	3,004.6	3,006.0	
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)	1,851.2	1,853.8	1,855.1	
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A - B	1,152.0	1,150.8	1,150.9	
D	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)	2,933.1	2,934.6	2,934.8	
E	VOL. DE MASA = C - (A - D)	1,081.9	1,080.8	1,079.7	
	P.e.BULK (BASE SECA) = D / C	2.546	2.550	2.550	2.549
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.607	2.611	2.612	2.610
	P.e.APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.711	2.715	2.718	2.715
	% DE ABSORCION = ((A - D) / D) x 100	2.390	2.385	2.426	2.400

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000 /ASTM C 128)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)				
B	PESO FRASCO + H2O				
C	PESO FRASCO + H2O + (A) (A + B)				
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRASCO				
E	VOLUMEN MASA+VOL.VACIO				
F	VOLUMEN DE MASA				
G	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)				
	P.e.BULK BASE SECA (G/E)				
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / E				
	P.e.APARENTE (BASE SECA) (G/F)				
	% DE ABSORCION = ((A - G) / G) x 100				

OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES
R.CIP. 101231

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS AGREGADOS

PROYECTO :	"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
SOLICITANTE :	CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS
RESPONSABLE :	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE (REG.CIP N° 101231)
UBICACIÓN :	TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
MUESTRA :	AGREGADO GRUESO - GRAVA T.M.N. 3/8"
CANTERA :	CERRO CAMPANA - EL MILAGRO
FECHA :	May-2020
CERTIFICADO :	LMSC - ACR - 02

AGREGADO GRUESO (MTC E 206 - 2000 / ASTM C 127)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)	3,003.2	3,004.6	3,006.0	
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA)	1,851.2	1,853.8	1,855.1	
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS = A - B	1,152.0	1,150.8	1,150.9	
D	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)	2,933.1	2,934.6	2,934.8	
E	VOL. DE MASA = C - (A - D)	1,081.9	1,080.8	1,079.7	
	P.e.BULK (BASE SECA) = D / C	2.546	2.550	2.550	2.549
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.607	2.611	2.612	2.610
	P.e.APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.711	2.715	2.718	2.715
	% DE ABSORCION = ((A - D) / D) x 100	2.390	2.385	2.426	2.400

AGREGADO FINO (MTC E 205 - 2000 / ASTM C 128)

IDENTIFICACION		1	2	3	PROM.
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE)				
B	PESO FRASCO + H2O				
C	PESO FRASCO + H2O + (A) (A + B)				
D	PESO DEL MAT. + H2O EN EL FRASCO				
E	VOLUMEN MASA+VOL.VACIO				
F	VOLUMEN DE MASA				
G	PESO MAT. SECO EN ESTUFA (105 C)				
	P.e.BULK BASE SECA (G/E)				
	P.e.BULK (BASE SATURADA) = A / E				
	P.e.APARENTE (BASE SECA) (G/F)				
	% DE ABSORCION = ((A - G) / G) x 100				

OBSERVACIONES :

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
Resistencia de Muestras de Concreto

CLIENTE : CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO
 RUBIO CALVAY, JEREMÍAS MARCOS

Nº de Probeta	Tipo de estructura	Tipo de concreto	Fecha				3 Días			7 Días			28 Días				
			Concretado	3 días	7 días	28 días	Carga (KN)	Resistencia (kg/cm2)	%	Promedio (kg/cm2)	Carga (kN)	Resistencia (kg/cm2)	%	Promedio (kg/cm2)	Carga (kN)	Resistencia (kg/cm2)	%
001		210	2/06/2020	5/06/2020			252.08	145.556	69.31%								
002							278.85	161.015	76.67%								
003							278.90	161.039	76.69%								
004	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
005	CP																
006	FC= 210 Kg/cm2																
007		210	2/06/2020			30/06/2020											
008																	
009																	
010		210	2/06/2020	5/06/2020			175.38	101.267	48.22%								
011							194.64	112.390	53.52%								
012							214.21	123.686	58.90%								
013	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
014	CCC 3%																
015	FC= 210 Kg/cm2																
016		210	2/06/2020			30/06/2020											
017																	
018																	
019		210	2/06/2020	5/06/2020			146.63	84.664	40.32%								
020							161.60	93.311	44.43%								
021							182.42	105.331	50.16%								
022	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
023	CCC 5%																
024	FC= 210 Kg/cm2																
025		210	2/06/2020			30/06/2020											
026																	
027																	

Área de probeta = 176.72 cm2
 EL MOLDEADO Y CURADO HA SIDO EFECTUADO POR LOS SOLICITANTES

Ing. Roberto Caplan Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"
Resistencia de Muestras de Concreto

CLIENTE : CHAVARRI BAZÁN, CARLOS ALFREDO
 RUBIO CALVAY, JEREMÍAS MARCOS

Nº de Probeta	Tipo de estructura	Tipo de concreto	Fecha				3 Días			7 Días			28 Días				
			Concretado	3 días	7 días	28 días	Carga (KN)	Resistencia (kg/cm2)	%	Promedio (kg/cm2)	Carga (kN)	Resistencia (kg/cm2)	%	Promedio (kg/cm2)	Carga (kN)	Resistencia (kg/cm2)	%
001		210	2/06/2020	5/06/2020			252.08	145.556	69.31%								
002							278.85	161.015	76.67%								
003							278.90	161.039	76.69%								
004	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
005	CP																
006	FC= 210 Kg/cm2																
007		210	2/06/2020			30/06/2020											
008																	
009																	
010		210	2/06/2020	5/06/2020			175.38	101.267	48.22%								
011							194.64	112.390	53.52%								
012							214.21	123.686	58.90%								
013	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
014	CCC 3%																
015	FC= 210 Kg/cm2																
016		210	2/06/2020			30/06/2020											
017																	
018																	
019		210	2/06/2020	5/06/2020			146.63	84.664	40.32%								
020							161.60	93.311	44.43%								
021							182.42	105.331	50.16%								
022	DISEÑO DE MEZCLA	210	2/06/2020		9/06/2020												
023	CCC 5%																
024	FC= 210 Kg/cm2																
025		210	2/06/2020			30/06/2020											
026																	
027																	

Área de probeta = 176.72 cm2
 EL MOLDEADO Y CURADO HA SIDO EFECTUADO POR LOS SOLICITANTES

Ing. Roberto Caplan Salazar Alcalde
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

“EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS”

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CP (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.32cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	207.03cm ²

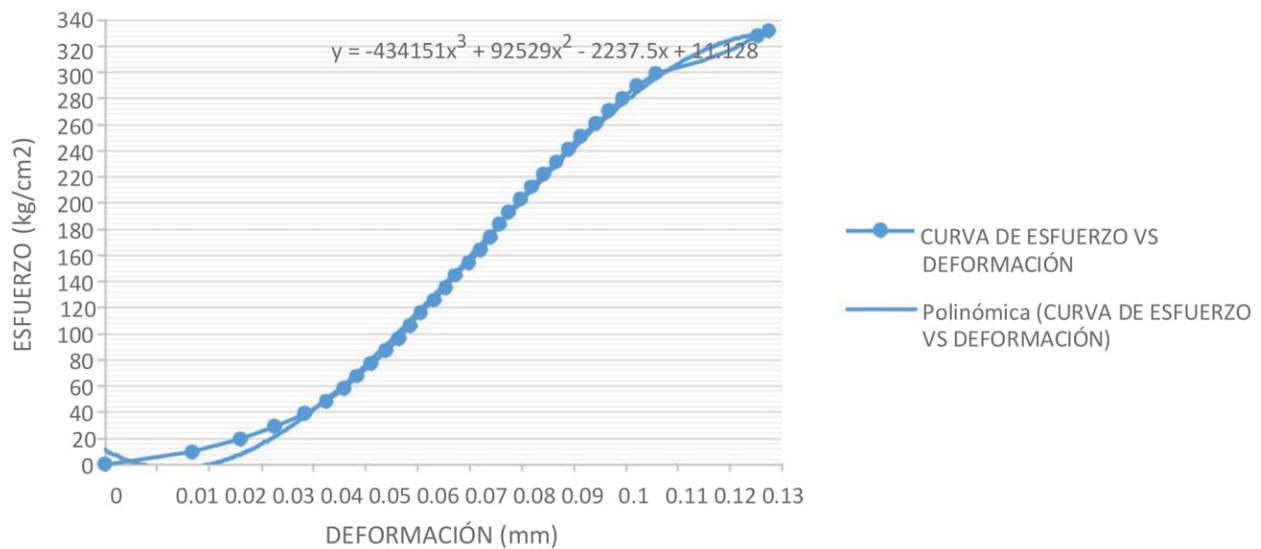
N ^o	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0	0	0
2	2000	0.89	9.66	0.017
3	4000	1.39	19.32	0.026
4	6000	1.73	28.98	0.032
5	8000	2.04	38.64	0.038
6	10000	2.26	48.30	0.042
7	12000	2.44	57.96	0.046
8	14000	2.58	67.62	0.048
9	16000	2.72	77.28	0.051
10	18000	2.87	86.94	0.054
11	20000	3.00	96.60	0.056
12	22000	3.12	106.26	0.059
13	24000	3.23	115.93	0.061
14	26000	3.36	125.59	0.063
15	28000	3.48	135.25	0.065
16	30000	3.58	144.91	0.067
17	32000	3.72	154.57	0.070
18	34000	3.84	164.23	0.072
19	36000	3.94	173.89	0.074
20	38000	4.02	183.55	0.076
21	40000	4.12	193.21	0.077
22	42000	4.24	202.87	0.080
23	44000	4.36	212.53	0.082
24	46000	4.48	222.19	0.084
25	48000	4.61	231.85	0.087
26	50000	4.73	241.51	0.089
27	52000	4.86	251.17	0.091
28	54000	5.02	260.83	0.094
29	56000	5.15	270.49	0.097
30	58000	5.28	280.15	0.099
31	60000	5.43	289.81	0.102
32	62000	5.63	299.47	0.106
33	64000	6.08	309.13	0.114
34	66000	6.44	318.79	0.121
35	68000	6.67	328.45	0.125
36	70000			
37	72000			
38	74000			
39	76000			
Pmax	68777.4	6.78	332.21	0.127


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 20779 - INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUIN:	CP (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.32cm
EDAD DEL ADOQUIN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	207.03cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN




INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 2019 INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y NATURALES
 CIP 101171

“EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS”

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CP (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.45cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.55cm ²

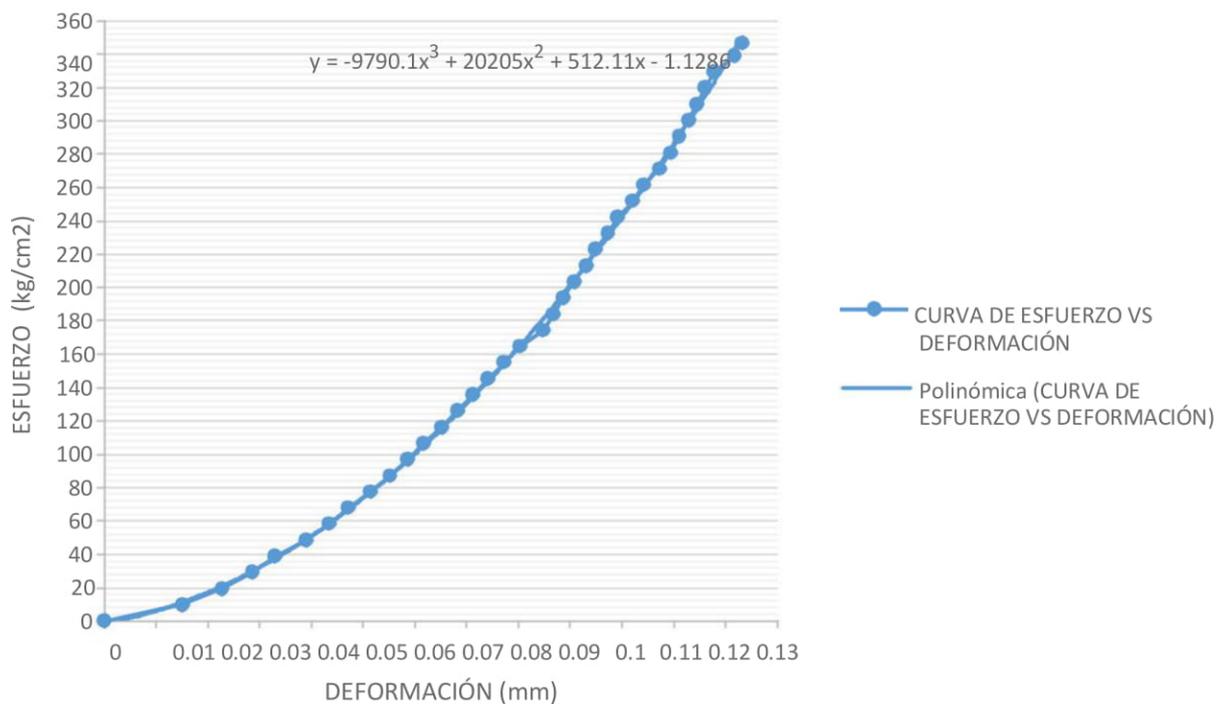
N ^º	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0	0	0
2	2000	0.8	9.68	0.015
3	4000	1.2	19.37	0.023
4	6000	1.6	29.05	0.029
5	8000	1.8	38.73	0.033
6	10000	2.1	48.41	0.039
7	12000	2.4	58.10	0.043
8	14000	2.6	67.78	0.047
9	16000	2.8	77.46	0.051
10	18000	3.0	87.15	0.055
11	20000	3.2	96.83	0.059
12	22000	3.4	106.51	0.062
13	24000	3.6	116.19	0.065
14	26000	3.7	125.88	0.068
15	28000	3.9	135.56	0.071
16	30000	4.0	145.24	0.074
17	32000	4.2	154.93	0.077
18	34000	4.4	164.61	0.080
19	36000	4.6	174.29	0.085
20	38000	4.7	183.97	0.087
21	40000	4.8	193.66	0.089
22	42000	4.9	203.34	0.091
23	44000	5.1	213.02	0.093
24	46000	5.2	222.71	0.095
25	48000	5.3	232.39	0.097
26	50000	5.4	242.07	0.099
27	52000	5.6	251.76	0.102
28	54000	5.7	261.44	0.104
29	56000	5.8	271.12	0.107
30	58000	6.0	280.80	0.109
31	60000	6.1	290.49	0.111
32	62000	6.2	300.17	0.113
33	64000	6.2	309.85	0.114
34	66000	6.3	319.54	0.116
35	68000	6.4	329.22	0.118
36	70000	6.6	338.90	0.122
37	72000			
38	74000			
39	76000			
Pmax	71529.3	6.7	346.31	0.123


Roberto Carlos Salazar Alcalde
2015 LICENCIADO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CP (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.45cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.55cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN




INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CP (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.42cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DIAS	ÁREA (cm ²):	205.94cm ²

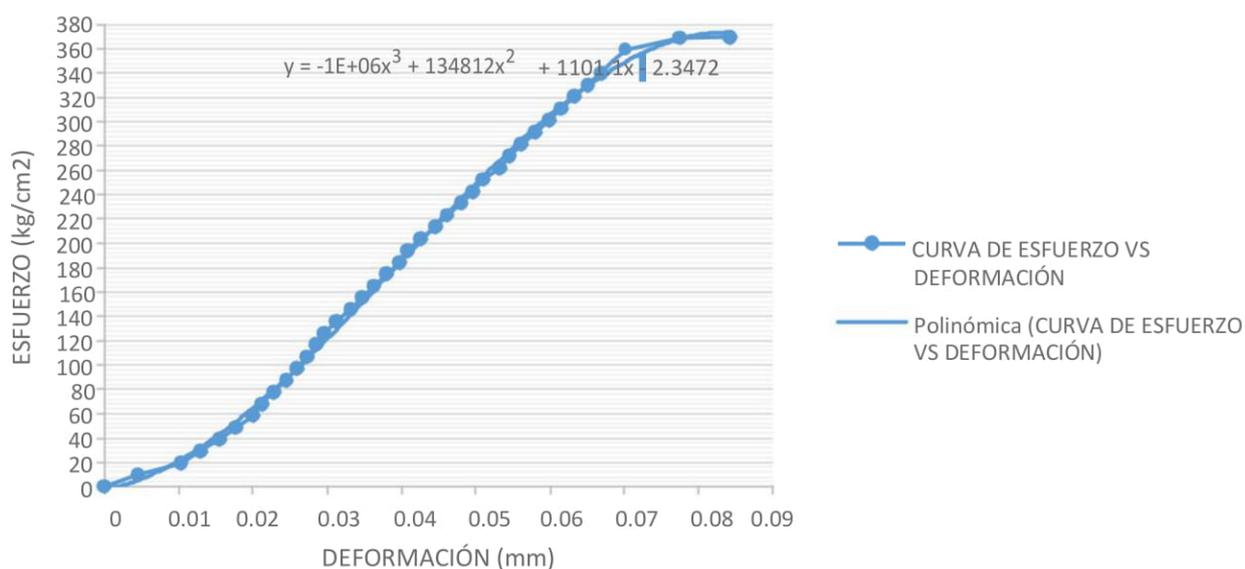
N ^a	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0	0	0
2	2000	0.25	9.71	0.005
3	4000	0.56	19.42	0.010
4	6000	0.70	29.14	0.013
5	8000	0.84	38.85	0.015
6	10000	0.96	48.56	0.018
7	12000	1.09	58.27	0.020
8	14000	1.15	67.98	0.021
9	16000	1.24	77.69	0.023
10	18000	1.33	87.41	0.025
11	20000	1.41	97.12	0.026
12	22000	1.48	106.83	0.027
13	24000	1.55	116.54	0.029
14	26000	1.61	126.25	0.030
15	28000	1.70	135.97	0.031
16	30000	1.80	145.68	0.033
17	32000	1.88	155.39	0.035
18	34000	1.97	165.10	0.036
19	36000	2.06	174.81	0.038
20	38000	2.16	184.52	0.040
21	40000	2.22	194.24	0.041
22	42000	2.31	203.95	0.043
23	44000	2.42	213.66	0.045
24	46000	2.50	223.37	0.046
25	48000	2.61	233.08	0.048
26	50000	2.69	242.80	0.050
27	52000	2.77	252.51	0.051
28	54000	2.89	262.22	0.053
29	56000	2.96	271.93	0.055
30	58000	3.04	281.64	0.056
31	60000	3.15	291.35	0.058
32	62000	3.25	301.07	0.060
33	64000	3.33	310.78	0.061
34	66000	3.43	320.49	0.063
35	68000	3.53	330.20	0.065
36	70000	3.63	339.91	0.067
37	72000	3.71	349.62	0.068
38	74000	3.80	359.34	0.070
39	76000	4.20	369.05	0.077
Pmax	76097.1	4.57	369.52	0.084


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CP (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.42cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DIAS	ÁREA (cm ²):	205.94cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN




INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 EST. 19 - INSTITUTO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 3% (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.32cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	207.03cm ²

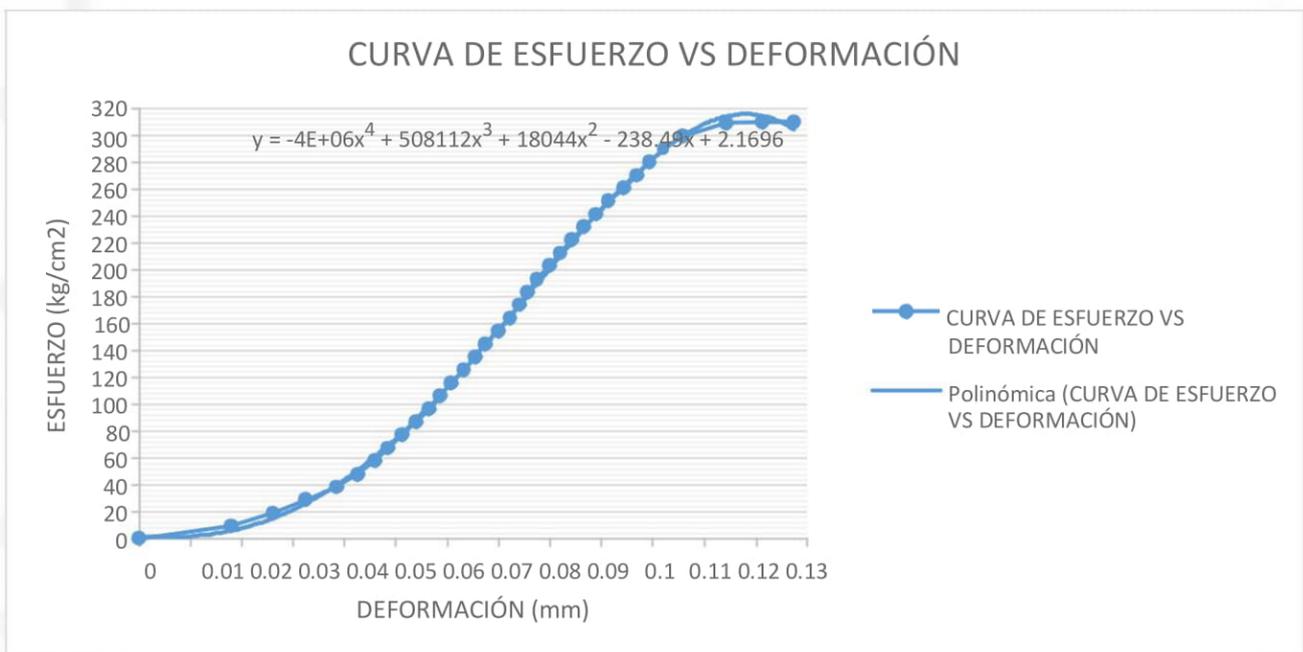
Nº	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0.00	0	0
2	2000	0.89	9.66	0.017
3	4000	1.39	19.32	0.026
4	6000	1.73	28.98	0.032
5	8000	2.04	38.64	0.038
6	10000	2.26	48.30	0.042
7	12000	2.44	57.96	0.046
8	14000	2.58	67.62	0.048
9	16000	2.72	77.28	0.051
10	18000	2.87	86.94	0.054
11	20000	3.00	96.60	0.056
12	22000	3.12	106.26	0.059
13	24000	3.23	115.93	0.061
14	26000	3.36	125.59	0.063
15	28000	3.48	135.25	0.065
16	30000	3.58	144.91	0.067
17	32000	3.72	154.57	0.070
18	34000	3.84	164.23	0.072
19	36000	3.94	173.89	0.074
20	38000	4.02	183.55	0.076
21	40000	4.12	193.21	0.077
22	42000	4.24	202.87	0.080
23	44000	4.36	212.53	0.082
24	46000	4.48	222.19	0.084
25	48000	4.61	231.85	0.087
26	50000	4.73	241.51	0.089
27	52000	4.86	251.17	0.091
28	54000	5.02	260.83	0.094
29	56000	5.15	270.49	0.097
30	58000	5.28	280.15	0.099
31	60000	5.43	289.81	0.102
32	62000	5.63	299.47	0.106
33	64000	6.08	309.13	0.114
34	66000			
Pmax	64188	6.45	310.042	0.121



Roberto Carlos Salazar Alcalde
INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 3% (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.32cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	207.03cm ²



Roberto Carlos Salazar Alcalde
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
 CIP 101231

“EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS”

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC3% (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.45cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.55cm ²

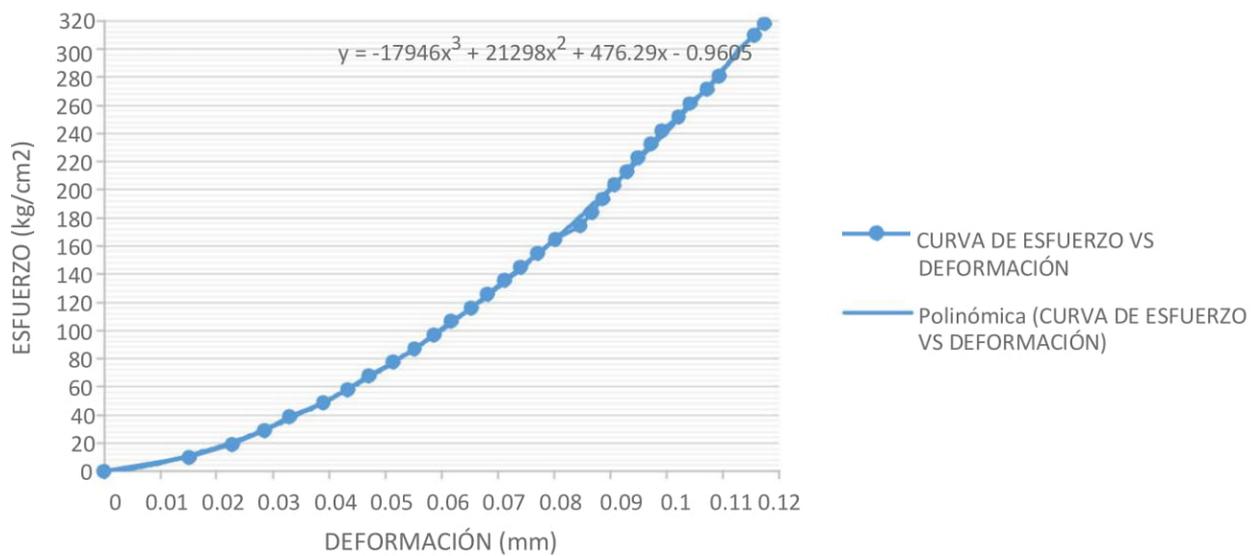
Nº	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0	0	0
2	2000	0.8	9.68	0.015
3	4000	1.2	19.37	0.023
4	6000	1.6	29.05	0.029
5	8000	1.8	38.73	0.033
6	10000	2.1	48.41	0.039
7	12000	2.4	58.10	0.043
8	14000	2.6	67.78	0.047
9	16000	2.8	77.46	0.051
10	18000	3.0	87.15	0.055
11	20000	3.2	96.83	0.059
12	22000	3.4	106.51	0.062
13	24000	3.6	116.19	0.065
14	26000	3.7	125.88	0.068
15	28000	3.9	135.56	0.071
16	30000	4.0	145.24	0.074
17	32000	4.2	154.93	0.077
18	34000	4.4	164.61	0.080
19	36000	4.6	174.29	0.085
20	38000	4.7	183.97	0.087
21	40000	4.8	193.66	0.089
22	42000	4.9	203.34	0.091
23	44000	5.1	213.02	0.093
24	46000	5.2	222.71	0.095
25	48000	5.3	232.39	0.097
26	50000	5.4	242.07	0.099
27	52000	5.6	251.76	0.102
28	54000	5.7	261.44	0.104
29	56000	5.8	271.12	0.107
30	58000	6.0	280.80	0.109
31	60000	6.1	290.49	0.111
32	62000	6.2	300.17	0.113
33	64000	6.3	309.85	0.116
34	66000			
Pmax	65707.3	6.4	318.12	0.117


Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N° CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC3% (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.45cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.55cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN





Roberto Carlos Salazar Alcalde
INGENIERO DE SEGURIDAD DE SUELOS Y FUNDACIONES
CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC3% (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.42cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	205.94cm ²

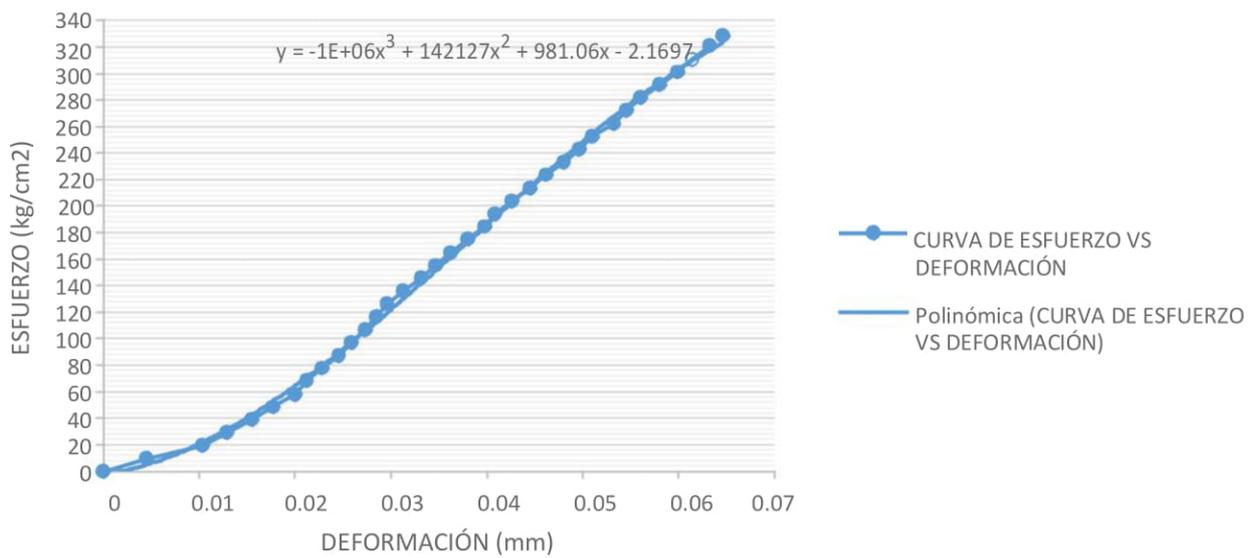
N ^a	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0	0	0
2	2000	0.25	9.71	0.005
3	4000	0.56	19.42	0.010
4	6000	0.70	29.14	0.013
5	8000	0.84	38.85	0.015
6	10000	0.96	48.56	0.018
7	12000	1.09	58.27	0.020
8	14000	1.15	67.98	0.021
9	16000	1.24	77.69	0.023
10	18000	1.33	87.41	0.025
11	20000	1.41	97.12	0.026
12	22000	1.48	106.83	0.027
13	24000	1.55	116.54	0.029
14	26000	1.61	126.25	0.030
15	28000	1.70	135.97	0.031
16	30000	1.80	145.68	0.033
17	32000	1.88	155.39	0.035
18	34000	1.97	165.10	0.036
19	36000	2.06	174.81	0.038
20	38000	2.16	184.52	0.040
21	40000	2.22	194.24	0.041
22	42000	2.31	203.95	0.043
23	44000	2.42	213.66	0.045
24	46000	2.50	223.37	0.046
25	48000	2.61	233.08	0.048
26	50000	2.69	242.80	0.050
27	52000	2.77	252.51	0.051
28	54000	2.89	262.22	0.053
29	56000	2.96	271.93	0.055
30	58000	3.04	281.64	0.056
31	60000	3.15	291.35	0.058
32	62000	3.25	301.07	0.060
33	64000	3.33	310.78	0.061
34	66000	3.43	320.49	0.063
35	68000			
Pmax	67611.14	3.5	328.31	0.065


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 2019 - INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N.º CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC3% (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.42cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	205.94cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN




INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"			
SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.55cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.14cm ²

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ
1	0	0	0	0
2	2000	0.39	9.70	0.007
3	4000	0.74	19.40	0.013
4	6000	0.93	29.11	0.017
5	8000	1.09	38.81	0.020
6	10000	1.23	48.51	0.022
7	12000	1.33	58.21	0.024
8	14000	1.44	67.92	0.026
9	16000	1.55	77.62	0.028
10	18000	1.71	87.32	0.031
11	20000	1.90	97.02	0.034
12	22000	2.06	106.72	0.037
13	24000	2.22	116.43	0.040
14	26000	2.36	126.13	0.043
15	28000	2.49	135.83	0.045
16	30000	2.57	145.53	0.046
17	32000	2.66	155.23	0.048
18	34000	2.76	164.94	0.050
19	36000	2.89	174.64	0.052
20	38000	3.03	184.34	0.055
21	40000	3.12	194.04	0.056
22	42000	3.25	203.75	0.059
23	44000	3.38	213.45	0.061
24	46000	3.55	223.15	0.064
25	48000	3.68	232.85	0.066
26	50000	3.84	242.55	0.069
27	52000	4.01	252.26	0.072
28	54000	4.14	261.96	0.075
29	56000	4.28	271.66	0.077
30	58000			
Pmax	56472.05	4.34	273.95	0.078

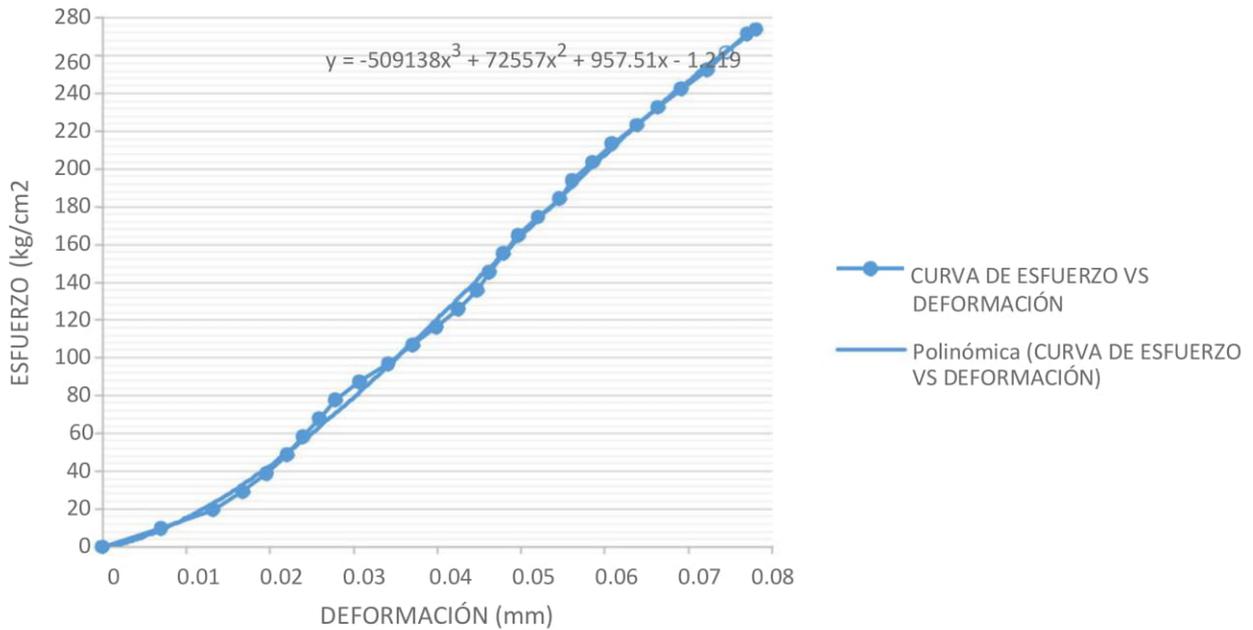


 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 20725 - INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N. CIP. 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.55cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.14cm ²

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 2017 INGENIERO DE SEGURIDAD DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

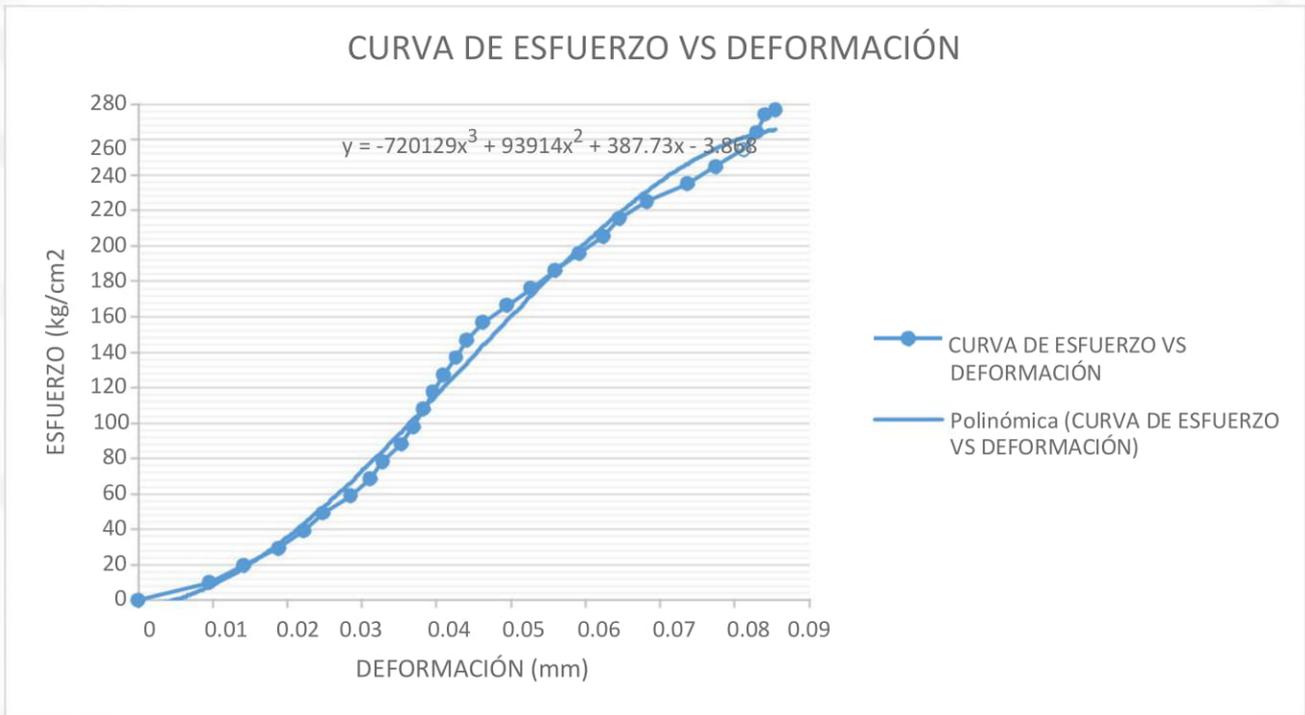
SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.53cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	204.32cm ²

Nº	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0	0	0
2	2000	0.53	9.79	0.009
3	4000	0.79	19.58	0.014
4	6000	1.04	29.37	0.019
5	8000	1.23	39.15	0.022
6	10000	1.37	48.94	0.025
7	12000	1.58	58.73	0.028
8	14000	1.72	68.52	0.031
9	16000	1.82	78.31	0.033
10	18000	1.95	88.10	0.035
11	20000	2.04	97.89	0.037
12	22000	2.12	107.68	0.038
13	24000	2.19	117.46	0.040
14	26000	2.26	127.25	0.041
15	28000	2.36	137.04	0.043
16	30000	2.44	146.83	0.044
17	32000	2.56	156.62	0.046
18	34000	2.74	166.41	0.049
19	36000	2.91	176.20	0.053
20	38000	3.09	185.99	0.056
21	40000	3.27	195.77	0.059
22	42000	3.45	205.56	0.062
23	44000	3.57	215.35	0.064
24	46000	3.77	225.14	0.068
25	48000	4.07	234.93	0.074
26	50000	4.28	244.72	0.077
27	52000	4.49	254.51	0.081
28	54000	4.59	264.30	0.083
29	56000	4.65	274.08	0.084
30	58000			
Pmax	56527.19	4.73	276.67	0.085

INGEOMA

Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 N° CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"			
SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.53cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	204.32cm ²





Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

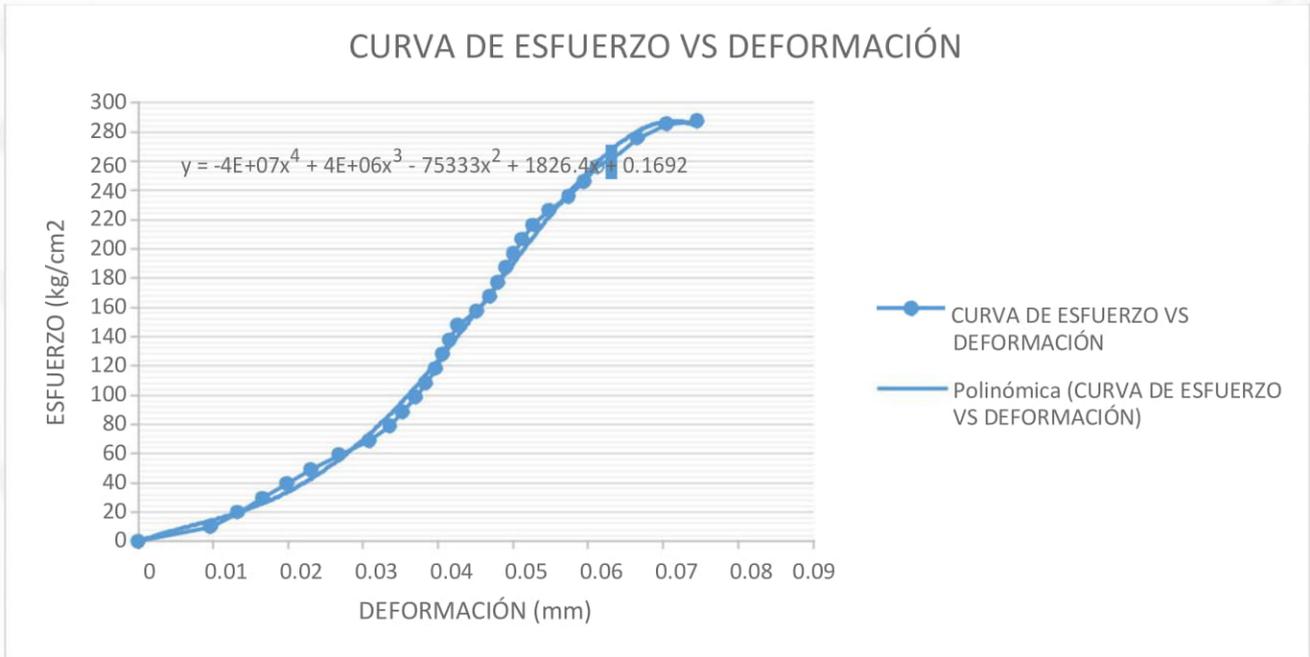
"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"			
SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.44cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	203.46cm ²

N ^a	Carga (kg)	Deformación (mm)	σ (kg/cm ²)	ϵ_u
1	0	0.	0	0
2	2000	0.53	9.83	0.010
3	4000	0.72	19.66	0.013
4	6000	0.90	29.49	0.017
5	8000	1.08	39.32	0.020
6	10000	1.25	49.15	0.023
7	12000	1.46	58.98	0.027
8	14000	1.68	68.81	0.031
9	16000	1.82	78.64	0.033
10	18000	1.92	88.47	0.035
11	20000	2.01	98.30	0.037
12	22000	2.09	108.13	0.038
13	24000	2.16	117.96	0.040
14	26000	2.21	127.79	0.041
15	28000	2.26	137.62	0.041
16	30000	2.32	147.45	0.043
17	32000	2.45	157.28	0.045
18	34000	2.55	167.11	0.047
19	36000	2.61	176.94	0.048
20	38000	2.67	186.77	0.049
21	40000	2.72	196.60	0.050
22	42000	2.78	206.43	0.051
23	44000	2.86	216.26	0.053
24	46000	2.98	226.09	0.055
25	48000	3.12	235.92	0.057
26	50000	3.23	245.75	0.059
27	52000	3.33	255.58	0.061
28	54000	3.49	265.41	0.064
29	56000	3.62	275.23	0.067
30	58000	3.83	285.06	0.070
31	60000			
Pmax	58390.69	4.05	286.99	0.075



 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEF. DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"			
SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm2)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 5% (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.44cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm²):	203.46cm2




 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

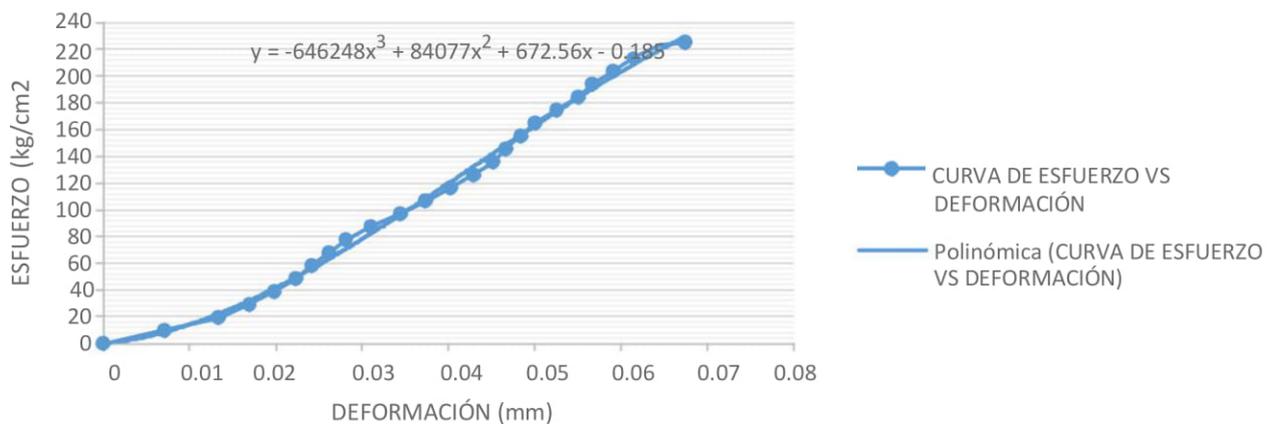
"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 7% (M-1)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.50cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	206.10cm ²

Nº	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	εu
1	0	0	0	0
2	2000	0.39	9.70	0.007
3	4000	0.74	19.41	0.013
4	6000	0.93	29.11	0.017
5	8000	1.09	38.82	0.020
6	10000	1.23	48.52	0.022
7	12000	1.33	58.22	0.024
8	14000	1.44	67.93	0.026
9	16000	1.55	77.63	0.028
10	18000	1.71	87.34	0.031
11	20000	1.90	97.04	0.034
12	22000	2.06	106.74	0.037
13	24000	2.22	116.45	0.040
14	26000	2.36	126.15	0.043
15	28000	2.49	135.86	0.045
16	30000	2.57	145.56	0.047
17	32000	2.66	155.26	0.048
18	34000	2.76	164.97	0.050
19	36000	2.89	174.67	0.053
20	38000	3.03	184.38	0.055
21	40000	3.12	194.08	0.057
22	42000	3.25	203.78	0.059
23	44000	3.38	213.49	0.061
24	46000	3.55	223.19	0.064
25	48000			
Pmax	46386.93	3.71	225.07	0.067


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 2019 - LICENCIADO EN MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101314

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



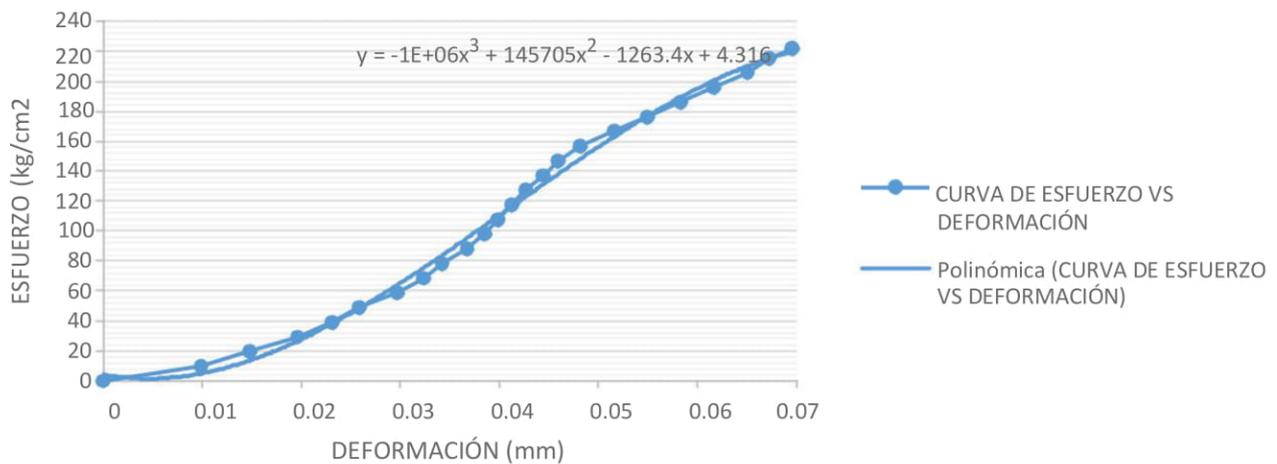
"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP Nº	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 7% (M-2)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.30cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	204.31cm ²

Nº	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	εu
1	0	0	0	0
2	2000	0.53	9.79	0.010
3	4000	0.79	19.58	0.015
4	6000	1.04	29.37	0.020
5	8000	1.23	39.16	0.023
6	10000	1.37	48.95	0.026
7	12000	1.58	58.73	0.030
8	14000	1.72	68.52	0.032
9	16000	1.82	78.31	0.034
10	18000	1.95	88.10	0.037
11	20000	2.04	97.89	0.038
12	22000	2.12	107.68	0.040
13	24000	2.19	117.47	0.041
14	26000	2.26	127.26	0.043
15	28000	2.36	137.05	0.044
16	30000	2.44	146.84	0.046
17	32000	2.56	156.62	0.048
18	34000	2.74	166.41	0.052
19	36000	2.91	176.20	0.055
20	38000	3.09	185.99	0.058
21	40000	3.27	195.78	0.062
22	42000	3.45	205.57	0.065
23	44000	3.57	215.36	0.067
24	46000			
Pmax	45278.16	3.69	221.62	0.070


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 JEFE DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN



"EFECTO DEL CAUCHO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN EN ADOQUINES DE CONCRETO DISEÑADOS PARA PAVIMENTOS ARTICULADOS"

SOLICITANTE:	CHAVARRI BAZAN, CARLOS ALFREDO RUBIO CALVAY, JEREMIAS MARCOS		
RESPONSABLE:	ING. ROBERTO C. SALAZAR ALCALDE	REG. CIP N°	101231
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (kg/cm ²)		
ID. ADOQUÍN:	CCC 7% (M-3)	FECHA DE ELABORACIÓN:	02/06/2020
FECHA DE ENSAYO:	30/06/2020	ALTURA (cm):	5.45cm
EDAD DEL ADOQUÍN:	28 DÍAS	ÁREA (cm ²):	203.50cm ²

Nº	Carga (kg)	Deformación	σ (kg/cm ²)	εu
1	0	0	0	0
2	2000	0.53	9.83	0.010
3	4000	0.72	19.66	0.013
4	6000	0.90	29.48	0.017
5	8000	1.08	39.31	0.020
6	10000	1.25	49.14	0.023
7	12000	1.46	58.97	0.027
8	14000	1.68	68.80	0.031
9	16000	1.82	78.62	0.033
10	18000	1.92	88.45	0.035
11	20000	2.01	98.28	0.037
12	22000	2.09	108.11	0.038
13	24000	2.16	117.94	0.040
14	26000	2.21	127.76	0.040
15	28000	2.26	137.59	0.041
16	30000	2.32	147.42	0.042
17	32000	2.45	157.25	0.045
18	34000	2.55	167.08	0.047
19	36000	2.61	176.90	0.048
20	38000	2.67	186.73	0.049
21	40000	2.72	196.56	0.050
22	42000	2.78	206.39	0.051
23	44000	2.86	216.22	0.052
24	46000	2.98	226.04	0.055
25	48000	3.12	235.87	0.057
Pmax	48299.3	3.15	237.34	0.058


INGEOMA
 Ing. Roberto Carlos Salazar Alcalde
 IUTP INGENIERO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 CIP 101231

CURVA DE ESFUERZO VS DEFORMACIÓN

