



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL
DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS
ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO
PEATONAL**

**PRESENTADA POR
JOSELITO FERNANDEZ SALAZAR**

**ASESORES
ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA**

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

**LIMA – PERÚ
2021**



CC BY-NC-SA

Reconocimiento – No comercial – Compartir igual

El autor permite transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra con fines no comerciales, siempre y cuando se reconozca la autoría y las nuevas creaciones estén bajo una licencia con los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

**FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y
ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL
USO DE TRÁNSITO PEATONAL**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

FERNANDEZ SALAZAR, JOSELITO

ASESORES:

**ERNESTO ANTONIO VILLAR GALLARDO
JUAN MANUEL OBLITAS SANTA MARIA**

LIMA – PERÚ

2021

Esta tesis la dedico a Dios por ser luz y guía, haciendo posible mis logros anhelados, a través del tiempo.

A mis padres, que me brindan enseñanza y sabiduría para alcanzar nuevas metas.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación problemática	1
1.2 Formulación del problema	5
1.3 Objetivos	5
1.4 Justificación	6
1.5 Impacto potencial	6
1.6 Alcances y limitaciones	7
1.7 Viabilidad de la investigación	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.2 Bases teóricas	13
2.3 Definición de términos básicos	50
2.4 Hipótesis	51
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	
3.1 Diseño metodológico	52
3.2 Variables	55
3.3 Diseño muestral	56
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
3.5 Procesamiento de datos	57
3.6 Aspectos éticos	58
CAPÍTULO IV. DESARROLLO	59

CAPÍTULO V. RESULTADOS	79
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN	
6.1 Contrastación de la hipótesis	86
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
FUENTES DE INFORMACIÓN	92
ANEXOS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Composición de residuos	1
Figura 2. Encuesta de problemas abordados	3
Figura 3. Esquema de planta de tratamiento de RCD	4
Figura 4. Pavimento articulado	13
Figura 5. Pavimento articulado en la antigüedad	15
Figura 6. Fijación de borde	17
Figura 7. Adoquín de concreto	18
Figura 8. Aplicación de pavimento articulado utilizado en tránsito peatonal	24
Figura 9. Aplicación de pavimento articulado utilizado en tránsito vehicular	25
Figura 10. Pavimento articulado dañado en proceso de reparación.	34
Figura 11. Los vehículos deben transitar máx. a 60km/h su colocación de los adoquines es individual	35
Figura 12. Diferentes formas y colores de adoquines de concreto	36
Figura 13. Pavimento flexible con corte transversal	37
Figura 14. Pavimento rígido con corte transversal	38
Figura 15. Diseño de estructura del pavimento	39
Figura 16. Secuencia de operaciones constructivas	41
Figura 17. Fijación de borde	44
Figura 18. Respuesta de capa de la arena, al momento de errores de espesor	44

Figura 19. Ubicación de adoquines manualmente ubicado en una pendiente	45
Figura 20. Limpieza por dos tipos barrido y chorro cuidando ángulo de incidencia	47
Figura 21. Tipo de investigación	52
Figura 22. Diseño de investigación	53
Figura 23. Enfoque de investigación	54
Figura 24. Diseño muestral	56
Figura 25. Procesamiento de datos	58
Figura 26. Agregado reciclado que se pondrá en la chancadora	62
Figura 27. Cuarteo del material concreto reciclado	63
Figura 28. Agregado grueso confitillo saturado	68
Figura 29. Peso de la fiola con agua	70
Figura 30. Máquina mezcladora, donde se añadirán los materiales	74
Figura 31. Mesa vibratoria	75
Figura 32. Los adoquines después de su curado, se deja secar por 24 horas	75
Figura 33. Adoquín ensayado con una aplicación de carga uniforme	76
Figura 34. Primera dosificación	77

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Características del adoquín	16
Tabla 2. Clasificación del adoquín	18
Tabla 3. Especificaciones y características	19
Tabla 4. Tipos de concreto	20
Tabla 5. Clasificación del concreto	21
Tabla 6. Dimensiones nominales	26
Tabla 7. Dimensiones nominales	30
Tabla 8. Tolerancia superficial, establecida por el Euroadoquin	43
Tabla 9. Bordes de confinamiento	43
Tabla 10. Mantenimiento del pavimento	48
Tabla 11. Extracción de adoquines del pavimento	49
Tabla 12. Variables de la investigación	55
Tabla 13. Datos para muestra	56
Tabla 14. Características de la cantera	60
Tabla 15. Ensayos y normas	61
Tabla 16. Peso unitario arena fina	65
Tabla 17. Peso unitario confitillo	65
Tabla 18. Peso unitario concreto reciclado	66
Tabla 19. Humedad en los agregados	67
Tabla 20. Granulometría de árido fino	70
Tabla 21. Granulometrías de confitillo	71
Tabla 22. Ensayo a compresión para escoger el patrón	81
Tabla 23. Ensayo a compresión del pavimento articulado con concreto reciclado	82
Tabla 24. Analizando los costos unitarios por unidades de pavimentos articulados de concreto convencional	83
Tabla 25. Análisis de los costos unitarios por unidades de pavimentos	

articulados con concreto reciclado	84
Tabla 26. Discusión de resistencia a compresión de los pavimentos	85
Tabla 27. Discusión de resistencia a compresión de los pavimentos tradicionales	86
Tabla 28. Disc de Disminución del impacto negativo al medio ambiente	87

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Peso específico y absorción del agregado grueso	93
Anexo 2. Peso específico y absorción del agregado fino	94
Anexo 3. Granulometría por tamizado Norma ASTM o NTP	94
Anexo 4. Diseño de mezclas de concreto ACI 211	95
Anexo 5. Diseño de mezcla final $F'c = 296\text{kg/cm}^2$	95
Anexo 6. Resultados del diseño de mezcla	96
Anexo 7. Matriz de consistencia	99
Anexo 8. Estructura de un pavimento articulado	100
Anexo 9. Norma técnica peruana 399.611	101
Anexo 10. Definición para propósitos de la NTP	102
Anexo 11. Materiales utilizados en la fabricación	103
Anexo 12. Requisitos físicos	104
Anexo 13. Requisitos complementarios	105
Anexo 14. Muestreo y métodos de ensayo	106
Anexo 15. Inspección visual y conformidad	107
Anexo 16. Tipos de pavimentos reglamento nacional de edificaciones ce.0.1	108

RESUMEN

El título de la presente investigación es Aplicación de concreto reciclado en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal, cuyo objetivo fue encontrar su resistencia adecuada de los pavimentos articulados con concreto reciclado como una solución, al realizar diferentes diseños de mezcla, según lo que se estipula en la norma sobre pavimentos articulados de tránsito peatonal. Los adoquines presentaron las dimensiones de 8x10x20cm. Se evaluó su resistencia a la compresión, y se verificaron los resultados para lograr ocho diseños de mezcla para encontrar el patrón adecuado dentro de sus estándares, al utilizar concreto reciclado, y así se disminuyeron el costo del adoquín y el impacto negativo sobre el ambiente. Como resultado se logró una resistencia cilíndrica a la compresión del concreto de 290.6kg/cm² siendo apto para lo estipulado y con un costo de 0.189 céntimos de diferencia por unidad de adoquín.

Palabras claves: Pavimentos, articulados, adoquines, diseños, patrón, cantera, transito, peatonal.

ABSTRACT

The title of this research is Application of recycled concrete in the design and elaboration of articulated pavements for the use of pedestrian traffic, whose objective was to find the adequate resistance of articulated pavements with recycled concrete as a solution, by making different mix designs, according to what is stipulated in the standard on articulated pavements for pedestrian traffic. The cobblestones presented dimensions of 8x10x20cm. The compressive strength was evaluated and the results were verified to obtain eight mix designs to find the appropriate pattern within their standards, using recycled concrete, thus reducing the cost of the cobblestones and the negative impact on the environment. As a result, a compressive strength of the cylindrical concrete of 290.6 k/cm² was achieved, being adequate for the stipulated requirements and at a cost of 0.189 cents difference per cobblestones unit.

Keywords: Articulated pavement, cobblestones, designs, pattern, quarry, pedestrian traffic.

INTRODUCCIÓN

El pavimento articulado está compuesto por un conjunto de adoquines, que en este caso serán elaborados con concreto reciclado y es un sistema de pavimento que va ser realizado en vías de tránsito peatonal, caracterizado por ser elementos rápidos de elaborar y resistentes a su ruptura.

Esta investigación nos dio a conocer los resultados obtenidos utilizando en ciertos porcentajes concreto reciclado, en esta investigación titulado “aplicación de concreto reciclado en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal” se realizó en laboratorios, siguiendo un desarrollo muy detallado de la Norma Técnica Peruana.

Los problemas que surgen en este trabajo de investigación se presentan, luego de aplicar una encuesta a diez ingenieros que laboran en diferentes áreas y lugares a nivel nacional. Se hallaron tres inconvenientes claves que se presentan en diferentes lugares como las vías en mal estado, las que han sido ejecutadas a costos elevados y sin tener conciencia sobre los daños y contaminación que se ocasionan al medio ambiente.

Por ello, el objetivo general fue realizar el diseño y elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal, mientras que como objetivos específicos es encontrar $F'c$ con concreto reciclado, el costo de elaboración y el impacto al medio ambiente, utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.

Como referencia, en la hipótesis, se propone que el concreto reciclado es eficaz en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de

tránsito peatonal, de la misma manera su ensayo de f'c se encuentra en sus parámetros constituidos por la NTP, presentando un costo de elaboración menor que los pavimentos articulados tradicionales y un impacto positivo al medio ambiente.

Por otra parte, esta investigación tuvo una limitación por este estado de emergencia sanitaria COVID-19, el no poder realizarse dentro de los establecimientos de la USMP, es por ello que se realizó en un laboratorio particular, donde no se contaron con todos los equipos necesarios para desarrollar este tema el cual se tuvo que encontrar las soluciones.

Esta investigación comprende seis capítulos. En el primero, se aborda la formulación del problema, objetivos, alcances, limitaciones. En el segundo, se expone el marco teórico. En el tercero, se presenta la metodología, las variables de investigación y el diseño muestral. En el cuarto, se expone el desarrollo. En el quinto, se obtienen los resultados. Y en el sexto capítulo, se plantea la discusión, contrastación de la hipótesis y contrastación con antecedentes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática.

A nivel internacional

Los volúmenes encontrados en los botaderos de la construcción han llegado al punto que perjudican al medio ambiente y a la sociedad. Algunos estudios realizados Hong Kong demuestra que el 55% de desechos son concreto armado. (Jordan - Viera, 2014 p1).

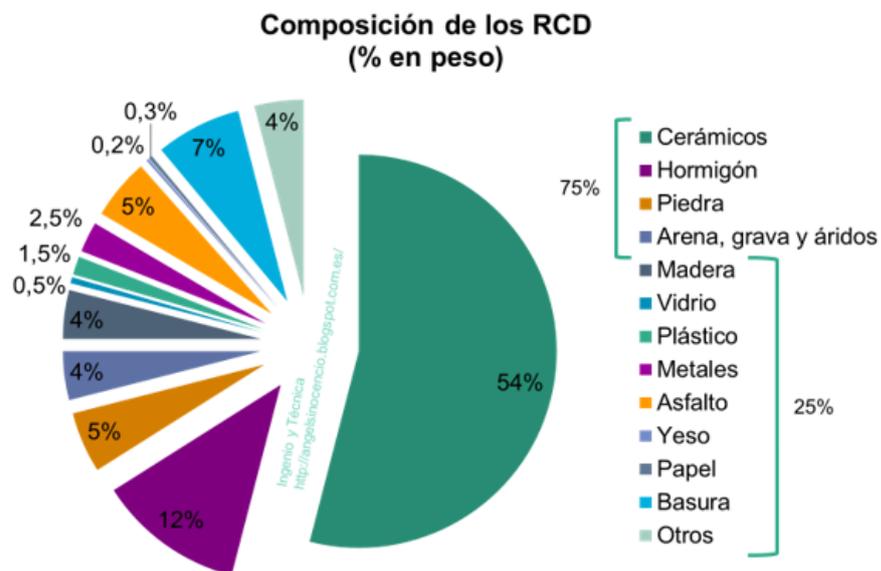


Figura 1 Composición de los residuos de construcción y demolición.
Fuente: Sánchez, A. (2016).

En los países como Holanda son los que reciclan con mayor cantidad con el 90% de estos desechos, y España solo el 5%. Lo cual conlleva a que los tiraderos sean gran focos de contaminación. Los últimos años el reciclaje se va desarrollando de la mejor manera en los países como: Japón, EEUU, México, Brasil, Bélgica. Donde se logra obtener un 40% de utilidad. (Ponce, 2014, p.16).

La capital de México cuenta con la primera planta de reciclaje de cascajo, lo cual en dicha capital se genera 6mil toneladas de escombros diarios, y hoy en día ya hay una Planta de reciclaje la cual utiliza 600 toneladas diarias. (Morales, Suaste - Ávila, 2017 p1).

A nivel nacional

Debido a la creciente de población en el Perú, se incrementa las construcciones, y por ende incrementa los desechos de construcción los cuales contaminan el medio ambiente y nadie hace nada por brindar una solución. (Barroso - Gómez, 2011 p1).

En nuestro Perú debido a la gran cantidad de construcción de viviendas, produce también cantidades muy grandes de los escombros por sus respectivas demoliciones de viviendas antiguas, y como reacción de los desechos contaminan el medio ambiente. Ya que por lo general son trasladados a lugares no apropiados como Parques, ríos y más lugares. Como beneficio de estos materiales como escombros se puede reutilizar y darle nueva utilidad, con propiedades similares y de esa manera se contribuye positivamente con el medio ambiente. (Vanegas, 2008 p.1).

Hoy en día no contamos con lugares apropiados para una acumulación provechosa del desecho de construcción. Y los trabajadores en el rubro de la construcción no cuentan con la capacitación de la reutilización. Por lo cual se genera una mezcla de desechos, obteniendo gran cantidad de metros cúbicos de desechos por día. Los pavimentos articulados para tránsito peatonal se encuentran conformados por adoquines de concreto, de los cuales encajarán unos con otros, y la gran diferencia de este proyecto es que se utilizara concreto reciclado para su fabricación en un cierto porcentaje, del cual nos será de mucho beneficio. (Caicedo y Pérez, 2014, p. 19).

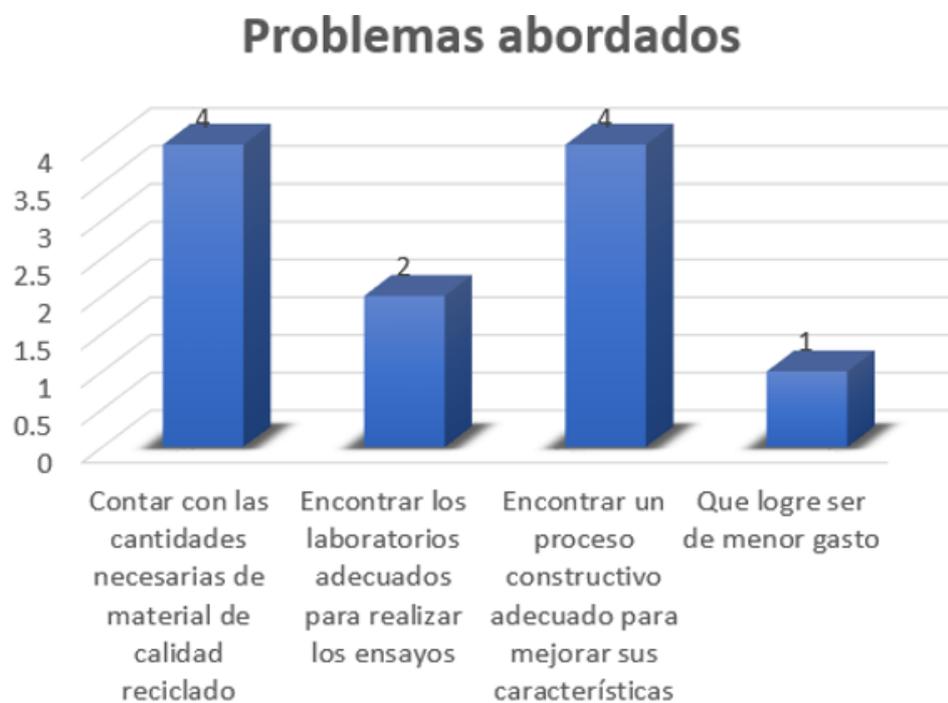


Figura 2 Encuesta de problemas abordados.
Fuente: Elaboración propia.

Es un tema importante debido que presentará ventajas en los pavimentos articulados para transitabilidad peatonal, presentando una mayor resistencia, en la parte económica un menor costo debido a que se utilizará concreto reciclado el cual sustituirá un material más costoso que el mencionado y al medio ambiente disminuirá el impacto ambiental dañino que genera los montículos de concreto y descenderá la demanda de extracción de áridos en las canteras. Será de gran beneficio a las personas que quieran invertir en proyectos con pavimentos articulados, y a la población disminuyendo la contaminación que se les hubiera generado. (Vanegas, 2008 p.1).



Figura 3 Esquema de planta de tratamiento de residuos de construcción y demontes.
Fuente: Proyecto de tecnología industrial S.I.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general:

¿En qué medida el concreto reciclado contribuirá, en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para tránsito peatonal?

1.2.2 Problemas específicos:

¿Cómo se determinará la resistencia a la compresión de los pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?

¿Cómo se determinará el costo de elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?

¿Cómo se determinará el impacto al medio ambiente utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general:

Realizar el diseño y elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.

1.3.2 Objetivos específicos:

Determinar la resistencia a la compresión de los pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.

Determinar el costo de elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.

Determinar el impacto al medio ambiente utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.

1.4 Justificación

1.4.1 Importancia de la investigación

El desarrollo a presentar en este trabajo, surge con la idea de hallar su resistencia ideal a compresión de dichos adoquines, lo cual conlleva a conocer sus características y donde tendrían mejor funcionalidad y también aporta con la disminución de la contaminación ocasionada por residuos reciclables de materiales de construcción.

1.5 Impacto potencial.

1.7.1 Impacto teórico

Esta investigación nos permite comparar y conocer la diferencia de los pavimentos articulados convencionales con los pavimentos articulados con concreto reciclado, permitiendo tener el diseño de mezcla adecuado, análisis de costo unitario y su resistencia.

1.7.2 Impacto práctico

Esta investigación aporta un diseño de su proceso de desarrollo como un modelo, para su utilización disminuyendo costos de material y la contaminación ambiental.

1.6 Alcances y limitaciones.

Alcances

Material reciclado se encuentra en desmontes donde arrojan material de construcción producto de las demoliciones. Agregado fino se encuentran en la cantera donde se realizó el tema del chancado. Cemento se puede conseguir en ferreterías. Mesa vibratoria fue Comprada para poder realizar dicha tesis.

Limitaciones

La siguiente investigación se tendrá que realizar en un laboratorio particular por motivo de la pandemia, no se podría realizar en la universidad como se pensó en un comienzo.

1.7 Viabilidad

En esta investigación, la idea principal a trabajar es el diseño de adoquines de concreto reciclado, se vuelve viable por lo que hasta la fecha se encuentra con información relacionados al concreto reciclado, y dichos materiales a utilizar se encuentran dentro de la localidad de Lambayeque los cuales son de fácil acceso.

Dicha investigación se realizará en las instalaciones del Laboratorio “LEMS W&C EIRL” que se encuentra ubicado de la misma manera dentro de nuestra localidad, brindando la facilidad para desarrollar ensayos y lo que contemple la ejecución de dicho proyecto.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

A. Nacional:

Barrantes (2015), En la investigación: *Influencia Del Porcentaje De Reemplazo De Ceniza Volante Por Cemento, Sobre La Resistencia A La Compresión Y Absorción En La Fabricación De Adoquines De Transito Liviano*; tiene como fin establecer la predominación del reemplazo del material de ceniza volante por el material de cemento, sobre el F'c y absorción en su elaboración de los adoquines que son utilizados para transito liviano. Se presenta como finalidad la actividad alcalina de los materiales que se realiza un procedimiento químico del cual se producen muy rápido un cambio de sus elementos. Su activación alcalina se logra realizar a 2 tipos de elementos cementantes: Que se basan en (Sílice - Calcio) y/o basados en (Sílice - Aluminio).

Cieza, D (2015), En la tesis *Comportamiento Mecánico De Baldosas De Concreto Estampado, Una Nueva Alternativa Para Pavimentos Articulado*s; Se tiene como objetivo determinar su conducta mecánica de las baldosas, sería una alternativa nueva para los pavimentos. Esta tesis se basa en el estudio de la conducta físico - mecánica del diseño reticular que estampe los pavimentos articulados. Dicho proyecto tiene como finalidad primordial lograr encontrar la particularidad tecnológica, conducta a fuerzas naturales y mecánicas en cerámicas de concreto, como una alternativa de los pavimentos que son comerciales. La metodología que se empleó consiste en su

determinación de sus cualidades físico - mecánica de sus materiales que lo constituyen como de los agregados que serán utilizados (cantera del río), su diseño del impresor y el desarrollo en el estampado de los pavimentos articulados, de igual manera el diseño experimental que se ejecuta de mezcla de concreto ideal con su $F'c$ de 210 Kg/cm^2 utilizando como método empírico volumétrico, utilizando las características como el tamaño máximo de los agregados y su asentamiento del concreto.

Marquina, R (2018), Se presentó el trabajo de investigación *Propiedades Físico – Mecánicas De Adoquines Elaborados Con Plástico Reciclado Para Pavimento Peatonal En El Centro Comercial Tambo Plaza, Lurín – 2017*. Su objetivo general esta investigación es “Encontrar su conducta del adoquín realizado con plástico reciclado de acuerdo a las características físico-mecánicas para los pavimentos peatonales en el Tambo Plaza - Lima Sur del Distrito de Lurín”. Dicha investigación se realizó con rumbo cuantitativo. Su investigación es explicativa con el diseño experimental. Su dimensión de dicha muestra para el proyecto se encuentra realizada por 44 adoquines (9 sin plástico, 11 con 3% de plástico, 11 con 5% de plástico, 11 adoquines con 8% de plástico).

Chumbes, F – Huiza, W (2018), En la tesis *Diseño De Mezcla Del Concreto Para Elaboración De Adoquines Con Material Reciclado De Neumáticos En La Provincia De Huancavelica*. Encontrar como finalidad general el dominio del material reciclado de neumáticos en su $F'c$ y tensión, en su diseño de mezclas del concreto para su fabricación de los adoquines en Huancavelica. En la siguiente investigación, se analiza la sustitución del caucho en su diseño que realiza con sus propiedades, Que ahora lo encontramos en los mercados de construcción, por la utilización de la combinación de concreto con la utilización de polvo de neumático en establecidas proporciones como Ag. fino. Los neumáticos sin ser utilizados son dañinos para el medio ambiente, debido a la utilización irracional que se les ha ido realizando durante bastante tiempo como en el Perú. dicho trabajo de graduación trata de su utilización, con lo que se pretende disminuir el daño

que se ocasiona de la misma manera, el material inicial en una combinación de concreto para la fabricación de adoquines.

Fernández, M (2019), Esta investigación tiene como título *Análisis De Las Características Físicas-Mecánicas Del Adoquín Con Polietileno Tereftalato Reciclado Y Adoquín Convencional Tipo I*. Encontrar las propiedades físico - mecánicas del pavimento articulado tipo I con Polietileno Tereftalato reutilizado comparado con el adoquín convencional. La investigación se logra encontrar como la mejora de adoquines encontrando una opción distinta a la ya conocida realizándolo con residuos de plástico PET con el fin de mejorar las características físico mecánicas, los pavimentos articulados hoy en día presentan errores en la utilización realizando una inversión errónea y el aspecto estético no se acepta; y otra manera tenemos residuos de plástico en las ciudades constituye problemas de difícil solución.

Antecedentes Internacionales:

Martínez, J (2016), Se presentó la siguiente investigación *Análisis Comparativo De La Resistencia A Compresión Entre Un Adoquín Convencional Y Adoquines Preparados Con Diferentes Fibras: Sintética (Polipropileno), Orgánica (Estopa De Coco), Inorgánica (Vidrio)*. Como objetivo se tiene que su conducta a la f'c entre adoquín conocido y adoquines realizados con distintas fibras. Dicho trabajo de investigación será exploratorio, debido que se examinará su F'c de los adoquines con añadidura de fibras, y su dominio en la F'c en cada parte preparada. Para eso se tiene que desarrollar pruebas a compresión y pruebas de granulometría que nos brinde conocer su característica de agregados y del cemento que se utilizara para presentar un diseño adecuado. Esta investigación presentada es descriptiva, debido a que se detallara sus características de los adoquines que presenta fibra y las que no. Se tendrá que buscar datos de ensayos a compresión indicando sus propiedades mecánicas que sean más relevantes del adoquín.

Larraín, J (2016), En el trabajo de investigación *Adoquines Para Pavimentos Articulado Fabricados Con Mezclas Asfálticas En Frío Con Emulsiones Y Ceniza Fbc*. Como objetivo general en este trabajo es crear nuevas opciones para construir pavimentos articulados, presentando en la carpeta de rodado la presencia de adoquines fabricados con la utilización de emulsiones asfálticas y adofaltos. dichos adoquines se tendrán que realizar en un desarrollo industrializado, con la finalidad de encontrar un material con una superioridad muy relevante, con una perspectiva técnica, económica y ambiental. Este proyecto comienza de la suma de 3 ideas diferentes de las siguientes en su compuesto encontraron la finalidad del trabajo de tesis.

Silvestre, A (2017), En la tesis *Diseño De Mezcla De Concreto Hidráulico Con Residuos Industriales (Limalla) Como Aditivo Para Aligerar El Peso De Elementos Estructurales Y Mejorar Su Resistencia A La Compresión*. Su objetivo general, encontrar el $F'c$ máxima a compresión adquirida en su combinación de acuerdo al porcentaje de utilización de limalla. Encontrar el porcentaje de limalla como se logra el $F'c$ mayor a compresión de dicha mezcla. El mencionado concreto siendo un material de una gran capacidad, a la hora que se va a utilizar en las diferentes construcciones presenta diversos inconvenientes por las condiciones físicas, siendo una de sus características la densidad la cual logra alcanza y el gran peso, por lo tanto, estas estructuras que serán realizadas con el mencionado material presentan pesos de mucho valor, lo cual producen inconvenientes a la hora de estudiarlas estructuralmente. Ya que encontramos métodos variables que se necesita menor dosis de concreto hidráulico. Es por eso que surge la exigencia de elaborar concretos aligerados, de los cuales desempeñen con las peticiones mínimas establecidas por la norma sismo resistente NSR-10.

Salguero, V (2018), Se presentó el trabajo de investigación titulado *Adoquines Modificados Con Fibra De Polipropileno Para El Uso En Vías De La Ciudad De Quito*. Determinar como objetivo el $F'c$ que tiene el adoquín, de los diferentes ensayos de los cuales serán sometidos, de acuerdo a lo que se va a especificar su calidad y capacidad de acuerdo a las diferentes utilidades que se les den. En este trabajo se nos permite encontrar las características que presenten los adoquines que se comercializan en el medio. Por lo que se desarrolla un estudio que consiste en mejorar los adoquines agregando fibra de polipropileno dando como resultado valores positivos, ya que permite elaborar adoquines de mejores características físicas, climatológicas y mecánicas debido a que presentan solidez elevada, con una gran excelencia con la utilización de fibras para la elaboración de hormigones.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Pavimento articulado:

Es una conexión estructural de elementos que son puestos en un área la cual tenga el propósito de ser una calle más segura, haciéndola más resistente al desgaste que es producido por vehículos y brindando así mismo, ventajas para las personas que transitan por el lugar y los que viven en lugares aledaños.

Existen diferentes pavimentos, de concreto, de asfalto, de adoquín etc. Este informe de tesis se encuentra enfocado en la elaboración de adoquines, el cual utiliza concreto reciclado en porcentajes, que conforme a su desarrollo se ira analizando.

Según la norma que se está utilizando, ordenan a los adoquines según su utilidad y según sus propiedades, como también se hace mención a la N. Española que los ordena en clases y marcado, lo cual se enfoca en su fortaleza climática, fortaleza a la abrasión y dimensiones diagonales; la N. ASTM nombra solamente un F'c mínima y no refiere otro modelo de distribución; la N. Colombiana no los ordena y solo hace mención de los requisitos que deben satisfacer los adoquines.

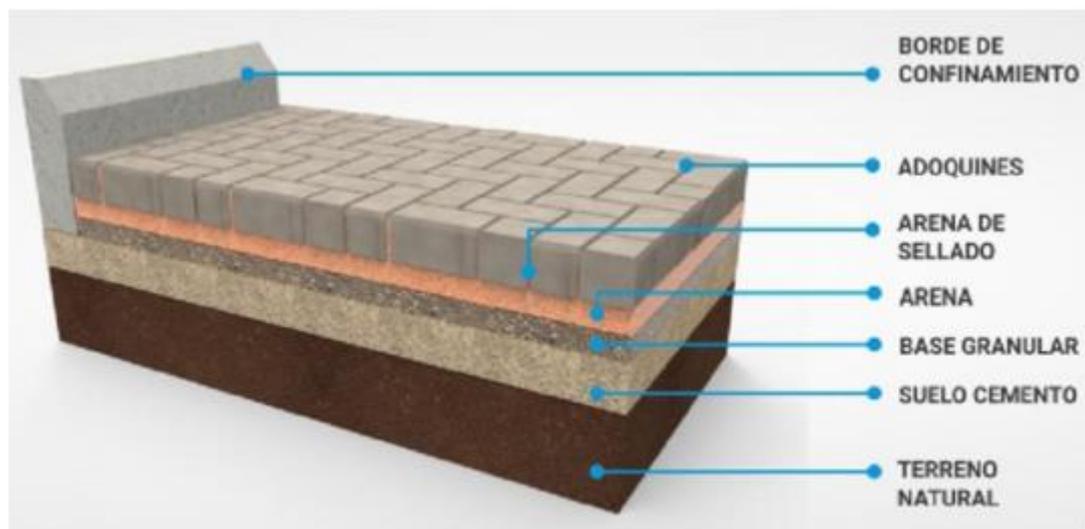


Figura 4. Pavimento articulado.

Fuente: Diseño manual de pavimentos de adoquines de hormigón.

El pavimento articulado es una capa flexible de hormigón que presenta alta resistencia, y está conformada por adoquines que son de concreto lo cual pasa por vibrado y prensado. Una vez obtenido el elemento pasan a ser colocados en yuxtaposición, debido a sus fachadas adyacentes logra tener una transmisión de cargas desde la primera parte que acoge transmitiendo a los elementos continuos, evitando que se salga de su posición o llegue a quebrarse. De esa manera se consigue que su carga transmita a la base sea 40% de la que se aplica. (Pérez Ramos, 2009).

Antecedentes de la pavimentación

Se sabe que los pavimentos con adoquines, han sido hechas desde hace mucho tiempo, tanto como en la Isla desde ya hace 5,000 años se utilizaron para ser colocados en las travesías públicas. De esta manera su realización ha ido evolucionando, llegando a tallar las rocas para presentar mejor unión entre si y logrando tener una mejor holgura en su transcurso de las personas y vehículos, lo que fue dando inicio a los pavimentos de adoquines de rocas, lo que fue una tecnología muy amplia realizada en la elaboración de sus travesías. Bernal (2009)

Durante el siglo XIX, se dieron inicios los concretos asfálticos y los C. hidráulico. De la misma manera, iniciaron los pavimentos con adoquines de madera, de arcilla, etc. Mayormente en países bajos, se desarrolló la prefabricación de adoquines con concreto por eso mismo, reemplazo las que eran realizadas de arcilla, que eran utilizados comúnmente, por adoquines de concreto, cuya utilidad ha seguido creciendo y siendo utilizado en mercado mayor a 60 años. Bernal (2009).

Por lo cual ha sido indispensable para que los ejecutores presenten un manual donde se encuentren las especificaciones para su fabricación. Por este medio se inician a elaborar adoquines que presentan doble capa las cuales las hacen más económicas y logran tener más variedad de formas y

colores; por lo tanto, no se tiene explícita que tenga las características de este elemento es por eso que las normas son de otros países, para que de esa manera se determine las características correspondientes, para que sus diferentes ensayos que se tienen han desarrollado unos inconvenientes de aplicación, como: el momento que se llegue a especificar una precisa $F'c$ y teniendo algunas partes mayores a 410 cm^2 han llegado a dificultarse para realizar los ensayos por falta de disponibilidad de los equipos de laboratorio del país.



Figura 5. Pavimento articulado en la antigüedad.

Fuente: Adoquines patrimoniales Traiguén.

Especificaciones para adoquines de concreto

Teniendo como consideración los pavimentos articulados son de concreto quiere decir que son piezas macizas, con dos caras de superficie plana paralela e igual que se son llamados bases, el cual nos permite acomodar una zona completa; y presentan propiedades las cuales a continuación las vamos a mencionar.

Tabla 1. Características de los adoquines.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DE LOS PAVIMENTOS ARTICULADOS	
Superficie de desgaste	Cara superior del adoquín la cual soporta directamente el tráfico.
Bisel o chafán	Plano inclinado que corta dos caras adyacentes
Espesor	Distancia entre la cara base (parte de abajo) y la cara vista del adoquín (superficie de desgaste).
Largo	Medida del lado mayor del adoquín
Ancho	Medida del lado menor del adoquín.
Área	Es la medida que resulta de la multiplicación del largo por el ancho del adoquín.
Lote	Es una cantidad determinada de adoquines que se fabrican bajo condiciones de producción similares y se someten a inspección como un conjunto unitario.
Muestra	Es un conjunto de adoquines que se extraen de un lote que sirve para extraer información que nos permita conocer sus características de ese lote; si cumplen con las especificaciones de resistencia a la compresión, flexión, desgaste, al porcentaje de absorción de humedad y dimensiones. según la normas la cual se haga mención.

Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Calidad: Su calidad de un elemento del pavimento articulado de concreto se logra definir como un compuesto de propiedades que son conformadas por sus dimensiones, absorción, resistencia, peso particularmente de un adoquín de concreto, que les posibilita verificarlo con otros de su tipo como mejor o peor.

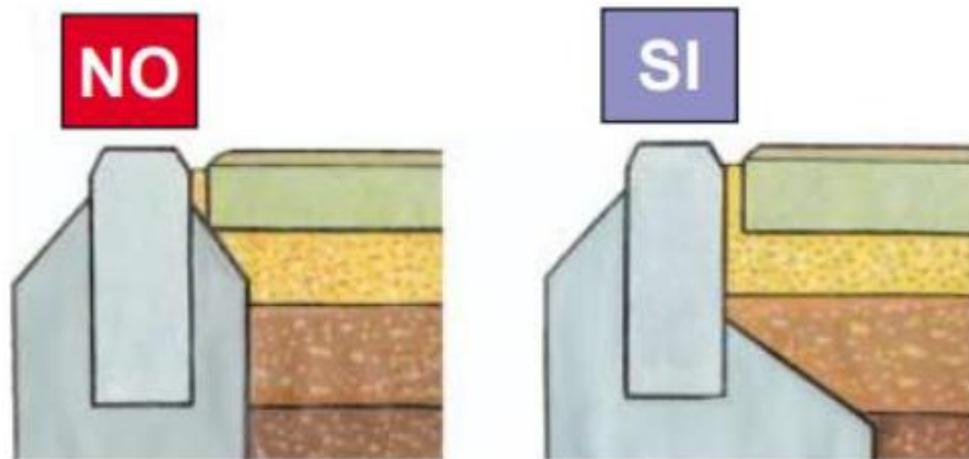


Figura 6. Fijación de un borde de confinamiento.
Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Adoquines:

Son materiales prefabricados que son elaborados de piedra labrada o concreto. Se encuentran conformadas por agua, cemento, ag. fino y ag. Grueso.

Su fabricación es mecánica, sus dimensiones son diferentes según para que sean aplicadas. Según el reglamento las dimensiones más útiles para adoquines rectangulares son de 20cm y 10cm de largo por ancho, y teniendo un espesor par de 4 a 10 cm. (Cabezas,2014).

Su grosor del elemento va a depender de su $F'c$ del cual va a requerir el adoquín para que pueda cumplir. Siendo para un pavimento de tránsito peatonal o vehicular.

Según su esbeltez pueden lograr soportar cargas de vehículos. Como los demás materiales el adoquín también presenta ventajas y desventajas, de las que se analizarán desde su construcción. (EuroAdoquin, 2004).



Figura 7. Adoquín de concreto.
Fuente: Manual de pavimentos de adoquines.

Características y especificaciones en el Perú

2.2.1.3. Características y especificaciones en el Perú

Basados en la Norma Técnica Peruana y ASTM C936, donde los adoquines de concreto son clasificados según su función estructural y a la utilidad que tendrá, por lo general, son clasificados en tres tipos:

Especificaciones y características

Tabla 2. Clasificación de los adoquines.

CLASIFICACIÓN DE LOS ADOQUINES	
Tipo I	Son los adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas con circulación peatonal.
Tipo II	Son los adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas con circulación vehicular ligero.
Tipo III	Son los adoquines de concreto utilizados para pavimentar calzadas con circulación vehicular pesado, como contenedores.

Fuente: Manual de pavimentos de adoquines.

- Los adoquines que son para pavimentos no deben presentar grietas, ni defecto alguno que afecten de manera desfavorable su forma o aspecto general o utilidad.

Su contextura de sus áreas, el volumen, el tono y los terminados de los adoquines de concreto tiene que quedar como se ha quedado entre el productor y el cliente, con las siguientes precisiones representativas:

Tabla 3. Especificaciones y características.

ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS ENTRE EL PRODUCTOR Y EL CLIENTE	
Largo nominal	El largo nominal de los adoquines de concreto para pavimentos, no deberá ser mayor de 250 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
Ancho nominal	El ancho nominal de los adoquines de concreto para pavimentos, no deberá ser mayor de 220 mm. Y se establecerá de común acuerdo entre comprador y vendedor.
Espesor nominal.	El espesor de los adoquines del tipo I no deberá ser menor de 100 mm. Y el de los adoquines del tipo II no deberá ser menor de 60 mm; y se preferirán dimensiones múltiplos de 20 mm así: 60, 80, 100, 120 hasta un máximo de 140 mm.
Tolerancias	Las tolerancias en el largo y en el ancho serán de ± 2 mm de las medidas nominales. La tolerancia en el espesor será de ± 3 mm del espesor nominal.

Fuente: EuroAdoquin, 2004.

El concreto

2.2.2.1. Definición

Es un material similar a una piedra que es obtenida a través de una combinación muy bien equitativa. Según las ocasiones se llegan a agregar aditivos para mejorar sus características, así también su durabilidad, su ductilidad y su tiempo que logra fraguar. De esa misma manera que los materiales pétreos, el concreto presenta una elevada $F'c$ y una resistencia a la tensión baja.

Tabla 4. Tipos de concreto.

TIPOS DE CONCRETO	
Concreto estructural	Todo concreto utilizado con propósitos estructurales incluyendo concreto simple y reforzado.
Concreto simple	Es aquel que contiene las características de un concreto estructural pero que no tiene refuerzos de acero.
Concreto reforzado	Es aquel que contiene las características de un concreto estructural, pero que contiene un refuerzo o esqueleto en acero para ofrecer resistencia a la tracción como complemento de la resistencia a la compresión que ofrece el concreto.

Fuente: Manual de pavimentos de adoquines.

2.2.2.2. Clasificación del concreto

Se va clasificando de acuerdo su F'c y peso unitario, por lo cual este son sus factores que más importancia tiene en la realización de un diseño.

Tabla 5. Clasificación del concreto.

CLASIFICACIÓN DEL CONCRETO	
Clasificación según su resistencia a la compresión	Generalmente, los concretos se clasifican según la resistencia a los 28 días según el uso al que será destinado, se diseñarán la mezcla para alcanzar la resistencia solicitada a esa edad.
Clasificación según su peso unitario	En nuestro medio, lo más común es el uso de concreto hecho a base de agregados naturales, el peso unitario del concreto, está en el orden de 2300 Kg/m ³ , sin embargo, se han desarrollado tecnologías para concretos ligeros y pesados.

Fuente: Manual de pavimentos de adoquines.

Ventajas

Con fin de apreciar sus beneficios las ventajas que más resaltan en su aplicación.

- **Fabricación:**

Comparado con pavimentos convencionales se necesita una energía menor. Por ser piezas que se realizan por unidad, y es por eso que necesitan un control, para lograr ser utilizados en pavimentos articulados y sean fiables y consistentes, por ende, se le someterán a presiones y vibraciones regulares.

- **Aspecto:**

Son de suma importancia debido que son fabricados de diferente color y textura. Aparte de presentar características resistentes apropiadas, también aporta un punto de vista estético.

- **Impacto ambiental:**

Como adoquín convencional presenta un gran aporte al medio ambiente, disminuyendo la consecuencia de la isla de calor, y para reparar estos pavimentos articulados, no se trata de la destrucción total de su estructura, si no que se puede reutilizar.

- **Colocación en obra:**

No se necesita de mano de obra calificada, ya que no es necesario la utilización de maquinaria, debido que son elementos de fácil manipulación y se colocan en lugares difíciles, y es posible ser puestos de forma vertical y horizontal.

- **Ejecución:**

Son de rápida ejecución y reducen el tiempo de espera de los vehículos y les permiten transitar, y no se encuentran ligados a la temperatura ambiente.

- **Durabilidad – Cualidades físicas:**

Los adoquines se consideran con una durabilidad aproximadamente ilimitada, coincidiendo con la estructura de pavimentos, las cuales son diseñadas para presentar una durabilidad de aproximación de 25 años. Estos adoquines satisfacen las determinaciones de su diseño, permite elaborar adoquines de muy buena calidad, aportando para mejoras evitando que sufra deformaciones a causas de temperaturas extremas.

- **Comportamiento:**

Actúa inmediatamente durante la colocación de cargas puntuales, insertando distintas acciones que realizan los vehículos en su paso como,

detenerse bruscamente, acelerando o girando, conservando una oposición al deslizamiento mayor comparado con diferentes pavimentos.

- **Mantenimiento:**

Es simple y económico, debido que no es necesario romper pavimento, solo se trata de extraer el elemento, llegando a ser un elemento utilizable. Su aseo es fácil debido que disminuye el costo.

- **Coste:**

Es un pavimento económico a largo plazo, ya que presenta un mantenimiento a bajo costo y presenta excelente durabilidad y conservación.

Desventajas

Por lo general no deben ser realizados en lugares donde la velocidad de tránsito sea mayor a 60km/h, por lo que las juntas producirán saltos en los vehículos al momento de su circulación.

Otra desventaja es el tiempo que se toma para su colocación, por lo que se colocan individualmente tarda un poco más, pero no afecta en su conducta ni costo. (Cabezas, 2014)

Comparación de uso de pavimento articulado con otros pavimentos

Su utilización de este pavimento articulado comparado con otros pavimentos va por encima ya que realzan por su estética, su construcción no necesita de mano calificada y el mantenimiento es de muy bajo costo. (EuroAdoquín, 2004)

Ámbito de aplicación

Por el momento los adoquines presentan amplias posibilidades para ser aplicadas.

a. Áreas peatonales:

Es el ámbito más amplio donde puede ser utilizado como en veredas, pases peatonales, parques, residenciales, patios interiores y patios exteriores. Presentan muy buena aceptación debido a que presenta seguridad durante temporadas de lluvia por lo que son antideslizante, brindando también un aspecto mejor. (Cabezas, 2014)



Figura 8. Aplicación de pavimento articulado utilizado en tránsito peatonal.
Fuente: Diseño manual de pavimentos de adoquines de hormigón.

b. Áreas de tránsito vehicular:

Estas áreas resisten cargas de tráfico rodado, siendo utilizadas como en supermercados, paraderos de vehículos, parqueos de condominios o residenciales, universidades entre otras. Siendo desde su colocación y mantenimiento sus ventajas que sobresalen. (Cabezas, 2014)



Figura 9. Aplicación de pavimento articulado utilizado en tránsito vehicular.

Fuente: Pavimento articulado para tránsito vehicular.

c. Áreas con ambiente agresivo:

En estas áreas los adoquines tienen un buen comportamiento presentando buena resistencia a ácidos superficiales.

- Como en gasolineras.
- Industrias agrícolas donde se puede encontrar jugos de fermentación.
- Zonas donde se realizan materiales químicos.

Formar y medidas

a. Dimensiones

Sus medidas son puestas por el productor, sometido del uso que se le brinde y para poder realizarles el ensayo debe presentar las precisiones que se encuentran en la NTP 399.604.

Tabla 6. Dimensiones nominales.

Espesor nominal del adoquín (mm)	Longitud y ancho (mm)	Espesor (mm)
< 100	± 1.6	± 3.2

Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Como se puede apreciar detalladamente el cuadro, no se debería superar las tolerancias de las medidas longitud, ancho y espesor, en el caso que se realicen otro tipo de medidas de los elementos sus permisividades serán brindadas según el productor (EuroAdoquin, 2004)

b. Clasificación por su forma

- **Adoquines machihembrados multidireccionalmente:**

Por lo general logran utilizar en el momento que se necesita fracciones en espina de pez, debido que se agregan a los elementos los cuales presentan las entradas y salientes en el contorno de las caras.

- **Adoquines machihembrados unidireccionalmente:**

Por lo general esta clasificación es utilizada en planta tipo parquet, debido que es parecido a la anterior la única variación que solo presenta en dos caras sus entrantes y salientes.

- **Adoquines clásicos:**

En esta clasificación es totalmente distinta ya que no presenta entrantes y tampoco salientes en ni una de las fachadas.

Aspecto, textura y color

a. Aspecto

Su aspecto de los adoquines se basa en la dependencia que se plantea en su apariencia visual mediante su diseño.

b. Textura y color:

Su textura y color deben ser estipulados en el caso que sean particulares, para los adoquines de un tono natural no presentarán en su combinación pigmentos que logren cambiar su coloración, pero para los adoquines que presenten un tono distinto su elaboración debe ser igual. (Cabezas, 2014).

Materiales utilizados

Agregados: (Hidalgo, 2013)

Los áridos en el concreto presentan alrededor de 3/4 partes de su volumen del concreto. Ya que el valor económico de los áridos es debajo que, del cemento, es preferible utilizar en gran parte la cantidad de los áridos que son aceptable. Se utilizan muchos áridos finos, así como es la arena, y áridos gruesos, así como es la grava mayormente demolida. Los áridos son los materiales que presentan su misma F'c, el cual ni alteran ni dañan su procedimiento de consistencia del cemento hidráulico.

Estos elementos tienen que ser resistentes, limpios y duraderos. En el caso que se localice en algunas sustancias como polvo, impiden en la unión del cemento con sus agregados. Su fortaleza de los áridos presenta un resultado fundamental en el F'c, y sus características de áridos dañan ampliamente su durabilidad. Los áridos que se están empleando son: áridos gruesos y áridos finos, lo cual se clasifica según su modo de elaboración y origen.

Efecto del agregado fino en el concreto

Manejabilidad

Es la facultad del concreto cuando se encuentra en estado fresco lo que facilita ser ubicado, compacto y lograr terminarlo sin que muestre una segregación y exudación; su manejabilidad es ligada a la plasticidad, debido que les faculta acomodarse a la forma que presente el encofrado.

Las causas que dañan al concreto de acuerdo a su trabajabilidad, de acuerdo al árido fino serían los que se muestran a continuación:

Realizar una correcta graduación, presentando un árido fino con granulometría precisa, su combinación no tendrá muchos huecos, para que los huecos sean completados con masa de cemento para obtener la manejabilidad de la combinación y no presentar porosidad. Se tiene que prevenir el uso de arenas demasiado finas para evitar la separación del concreto realizada por mucha utilidad del agua, si se utilizaran arenas demasiado gruesas, presentarían conjugaciones ásperas y bajamente cohesivas. Influye que empleen arenas con un módulo de una finura en el rango 2.3 y 3.1.

Textura y forma del ag. grueso influye en el ag fino. Las partes alargadas, cubicas y aplanadas necesitan una cantidad elevada de agua en una mezcla, por el rozamiento que se da entre sí, comparado con agregados de contextura lisa.

Composición de concreto para adoquines

- Cemento (Pacasmayo, 2014)

Material que se produce por la combinación de arcilla y caliza, y al momento que es amasada con agua se forma una mezcla plástica.

Tipo MS: Es el cemento más recomendable ya que presenta un alta resistencia inicial o temprana.

El cemento presenta características cohesivas, sus peculiaridades son cavidad de adherir todos los elementos conformando el concreto. El concreto realizado con cemento portland logran tener una resistencia de diseño luego que pase los 28 días, y luego siguen obteniendo resistencia a un ritmo lento.

Presentan diferentes tipos de cemento portland, debido al químico que sucede mientras se da el fraguado produce calor que el concreto se extiende en el proceso de su hidratación y al bajar la temperatura siga realizándose con repetición un riguroso agrietamiento. El concreto son utilizables en sitios en donde están cerca a diferentes sulfatos. Estas cosas suelen suceder en las construcciones que se encuentran en el mar.

ASTM ubica los cementos portland en cinco partes:

Tabla 7. Dimensiones nominales.

CLASIFICACION DEL CEMENTO PORTLAND	
Tipo I	Es el cemento normal usado en la mayoría de las construcciones es de uso general
Tipo II	Cemento modificado que tiene menor calor de hidratación que el tipo I y que puede resistir alguna exposición al ataque de sulfatos.
Tipo III	Un cemento de fraguado rápido que produce en las primeras horas un concreto con una resistencia aproximadamente doble a las del cemento tipo I, este cemento produce calor de hidratación muy alto.
Tipo IV	Es un cemento de bajo calor, que produce un concreto que muy lentamente el calor. Se usa en estructuras de concreto de gran tamaño.
Tipo V	Usado para concretos que van a estar expuestos a altas concentraciones de sulfatos.

Fuente: Pacasmayo (2014)

El cemento que se necesite no se encuentra dentro de los cinco tipos que se han mencionado, también hay elecciones en consideración con los aditivos que cambian las características del cemento tipo I a las calidades requeridas.

- **Agua**

En esta situación, el agua en conjunto del concreto muestra 2 funcionalidades. Actúa como hidratación para el cemento (en el proceso del fraguado y del curado):

Sin embargo, confiere al concreto su trabajabilidad en el caso de ser trasladado y moldeado. No se debería utilizar aguas con componentes nocivos. También se debería eludir la aparición de sulfato en el agua, por lo cual Generan caídas en su F'c. En gran parte, las normas exigen examinar el agua cuando se tienen precedentes de su uso.

El agua es utilizada en la mezcla del concreto debería encontrarse libre de elementos nocivos, sales y diferentes sustancias que afecten el concreto. La mayoría de agua potable que no presente sabor ni olor, pueden ser útiles como agua para la mezcla en la realización del concreto.

Las inmundicias en el agua cuando son elevadas, suelen dañar la duración de fraguado y a la F'c, suelen producir corrosión en los refuerzos cuando se tenga que utilizar concreto armado. Por lo general se deben prevenir el agua con elevadas cantidades de sólidos disueltos. Sales o algún componente nocivo que sean provenientes de los áridos o aditivos, debería adicionar a la dosis que suele presentar el agua en su mezclado.

Clasificación según su peso unitario.

La mayor frecuencia es la utilización de concreto realizado con áridos naturales, su peso unitario de este material que es el concreto, se encuentra a 2300 Kg/m^3 , se han llegado a desarrollar tecnologías para concretos ligeros y pesados.

Diseño de mezcla

Teniendo la evidencia de que las características químicas de los áridos sean apropiadas, se realiza la combinación del concreto a cargo de éstas. Los que compone a una combinación se dosifican de tal situación que el concreto final presente un $F'c$ aceptable, una trabajabilidad aceptable para ser vaciado y una disminución de costo. Ésta última causa utiliza lo mínimo de las cantidades de cemento que confirme las características convenientes. Durante el volumen sea menor con la presencia de huecos, mínima tendrá que ser su pasta de cemento indispensable para ocupar estos huecos.

Procesos de fabricación de adoquines (Hidalgo, 2013)

Su fabricación se realiza de diferentes etapas de la siguiente manera:

- **Dosificado**

Es donde se desarrolla un diseño de mezcla la cual se desea obtener. Donde se debe tener una adecuada cantidad de los componentes que conforman el concreto, debido que tiene cambios por su nivel de agua y cemento o por su granulometría, o por algunas propiedades químicas o físicas.

- **Mezclado**

En el proceso del mezclado se realiza de manera manual o en una mezcladora, lo cual se debe obtener una mezcla homogénea de todos los agregados o componentes colocados y que presente un color uniforme.

- **Moldeado**

La mezcla obtenida es vaciada en el molde que se encuentra sobre la mesa vibratoria para la realización del vibrado el que será por 20seg, anteriormente debería ser limpiado y lubricado para evitar que se adhiera, luego del vaciado se debe retirar de manera muy pausada para evitar grietas.

- **Fraguado**

Reacción química donde el concreto debe permanecer protegida del sol y el viento, evitando que el agua se evapore y no tenga una compresión pobre.

- **Curado**

El curado es una reacción la cual se trata de mantener el concreto humedecido para obviar que se evapore el agua, para evitar una resistencia pobre. Lo cual se recomienda que el concreto se mantenga humedecido toda su parte superior.

Usos, ventajas y propiedades de pavimentos articulados

Usos: Este elemento durante la construcción son utilizados para áreas de tránsito liviano o pesado. En a la colocación de parques, calles y aceras.

Ventajas:

- Los adoquines pueden ser utilizados por segunda vez luego que se modifiquen o reparen
- Son diseñados para diferentes tipos de durabilidad o diferentes tipos de resistencias según su tránsito.
- Son de fácil instalación la cual no requieren de una mano de obra calificada.
- Se pueden colocar en diferentes formas ya que son elementos que no están unidos.



Figura 10. Pavimento articulado dañado en proceso de reparación.

Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de Oruro, Bolivia.

Desventajas:

- Una de las desventajas es que no se debe transitar a velocidades mayores de 60 km/h. debido que presenta juntas, las cuales durante la circulación de los vehículos producirán saltos.
- Otra desventaja se produce en su proceso de colocación, por el motivo que son colocadas individualmente y toma más tiempo, pero de ni una manera influye en el comportamiento.

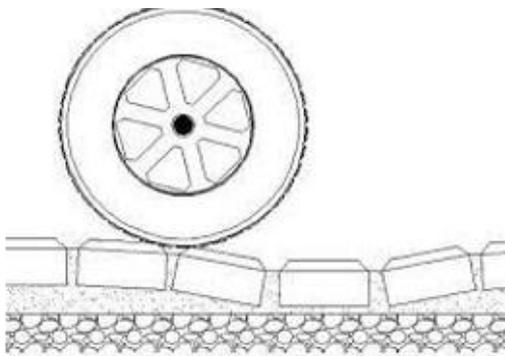


Figura 11. Los vehículos deben transitar máx. a 60km/h. Su colocación de el adoquín es individualmente
Fuente: Instalación de adoquines.

Aspectos visuales de pavimentos articulados

Dimensiones:

Presentan variaciones en sus dimensiones según el molde que se tenga o fabrique. Los cuales se sugiere que los pavimentos articulados rectangulares en su relación longitud y ancho no sean mayor a 2 y su relación espesor y largo no sea menor a 0.2 o mayor a 0.5. (Cabezas, 2014)

Peso:

Su peso del adoquín depende de su dimensión y su compresión que se dé según el tiempo en la mesa vibratoria.

Textura:

De acuerdo con los agregados que son utilizados en su fabricación de pavimentos articulados, sus acabados son diferentes, superficialmente con diferente rugosidad. (Hidalgo, 2013)

Color:

Debe durar por mucho tiempo que no se altere con el tiempo y tampoco afecte en su propiedad del adoquín, en algunas veces solo se presenta como una capa en la parte superior. (Cabezas Fierro, 2014)



Figura 12. *Diferentes formas y colores de adoquines de concreto.*
Fuente: Manual de pavimentos de adoquines de hormigón. Recuperado de

2.2.3. Tipos de pavimentos

Existen desiguales modelos de los pavimentos, los que más se utilizan en ciudades son pavimentos flexibles que son constituidos por combinaciones asfálticas, pavimentos rígidos los cuales son elaborados por pavimentos articulados que son realizados con adoquines de concreto. (Cabezas, 2014).

a. Pavimentos flexibles

Se encuentra combinado por carpeta asfáltica, y contiene una mezcla de árido, igualmente de una combinación bituminosa proveniente del asfalto. Es colocada mayormente en carreteras y avenidas donde se presentan tráficos vehiculares altos, por lo que el pavimento tiende a presentar alteraciones, pero después se repone, trasladando cargas de manera cercana hacia el piso a través de sus capas.

De acuerdo a su mantenimiento es de un costo elevado, por la mano de obra preparada y la maquinaria.



Figura 13. Pavimentos flexibles con corte transversal.
Fuente: Pavimento flexible y rígido.

b. Pavimento rígido

se encuentra constituida por una losa de concreto armado, y se encuentra en la superficie de una capa base. Su función es soportar cargas pesadas, de acuerdo a su función los esfuerzos son trasladadas de manera insignificante, el cual es un piso auto persistente. En la gran parte todo se centra de acuerdo la construcción, presenta un elevado costo, otro lado, si se ejecutara el mantenimiento resultaría menor el gasto.

También, se realizan mejoras de las propiedades del costo dándose a un plazo largo si la ejecución realizada es ideal, aumentando sus años de utilidad.

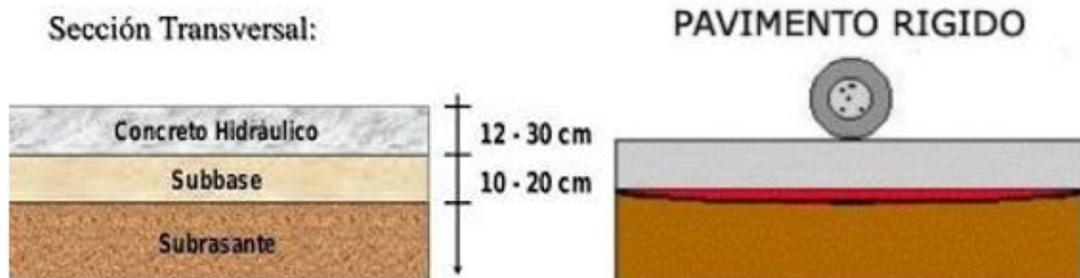


Figura 14. Pavimentos rígidos con corte transversal.
Fuente: Pavimento flexible y rígido.

c. Pavimento articulado

Presenta una capa superior conformada por varios elementos que presentan una rigidez individual y se les conoce como adoquines. Se sabe que su colocación es segura y una vez terminada su colocación, estaría lista para ser utilizada. Trabajan bajo un principio de fricción y presenta diferentes beneficios.

- Resistente al deslizamiento.
- Implementado resumideros.
- Menor ruido que produce la rodadura.
- Buena apariencia estética, respecto a color y forma.

Estructura de un pavimento articulado

Es formado por diferentes laminas que contienen varias características, pero tienen que efectuar con las condiciones brindadas, para que sea con diseño planteado.

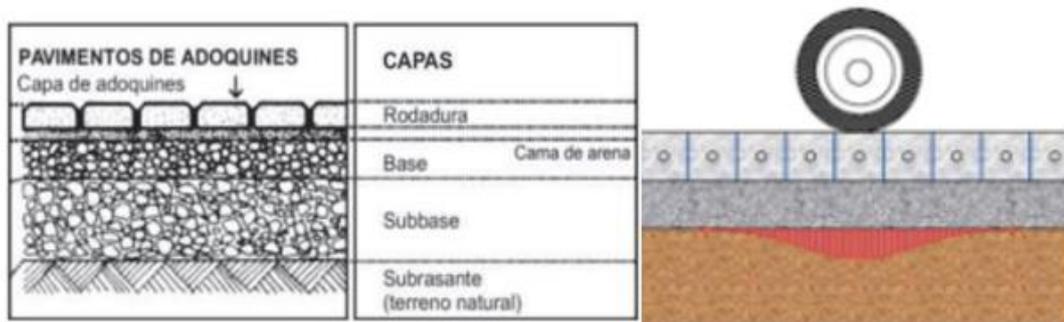


Figura 15. Diseño estructural de un pavimento articulado.

Fuente: Cabezas, M. (2014). Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

a. Subrasante o explanada

Fracción mayor del piso natural, se define como membrana del piso que tendría que estar lista para asimilar y aguantar los esfuerzos que transmite la estructura superior del pavimento.

b. Sub - base y base

- Sub-base:

Se encuentra compuesta por piedra, su función principal es de capa drenante. Y no se encuentra en fricción directa con las cargas como la base, y se encuentra libre de arcilla y materia orgánica. (Ministerio de vivienda Construcción y Saneamiento, 2010).

- Base:

Su ocupación de la base es asimilar directamente los esfuerzos que se ejercen verticalmente por las personas y vehículos, se considera como el primordial portante de la estructura.

c. Capa de arena

Esta capa nos es de utilidad como un coladero para que el agua que se encuentra en la superficie penetre en dirección a las capas internas del pavimento. Debe encontrarse limpia de cualquier sustancia y que este sin tritular, para que de esa manera forme parte de la capa de los adoquines.

d. Capa de rodadura

Esta capa que se encargara de los esfuerzos del tráfico, y se encuentra en la superficie de todo el pavimento, recibiendo los esfuerzos verticales y horizontales, llevándolos de manera homogénea a las capas faltantes del pavimento.

e. Arena de sellado

Esta es utilizada para completar los espacios entre adoquín, tendría que presentar una granulometría permanente, gracias a ello se realizara la filtración en dirección a las capas restantes.

f. Bordes de confinamiento

Una buena área con aislamiento extremo impedirá su traslado de aquellos componentes y su abertura de las juntas, los modelos de destierro más utilizados son: margen, rigolas bordillo y elementos prefabricados.

Proceso constructivo de un pavimento articulado

Hay distintos desarrollos que se pueda realizar adoquines, dependiendo de la carga para que esta diseñado, peatonal, vehículos livianos o pesados; según sus causas definirán las capas que constituyen el pavimento. (EuroAdoquín, 2004).

Los puntos a participar en el proyecto de las capas para pavimento son los siguientes:

Tipo de subrasante:

Se clasifican.

- Suelo (A): Índice de humedad elevado, el padece alteraciones al transcurrir por él.
- Suelo (B): índice intermedio, que admite su calmada circulación
- Suelo (C): En estado húmedo, acepta el libre desplazamiento sin padecer alteraciones.

Tránsito

Es muy importante conocer la circulación del tráfico en dicho pavimento para así poder determinar las capas que lo constituirán y a las cargas que estarán expuestas. Para encontrar la capacidad de cargas es el control de la carga y clasificar a los vehículos.

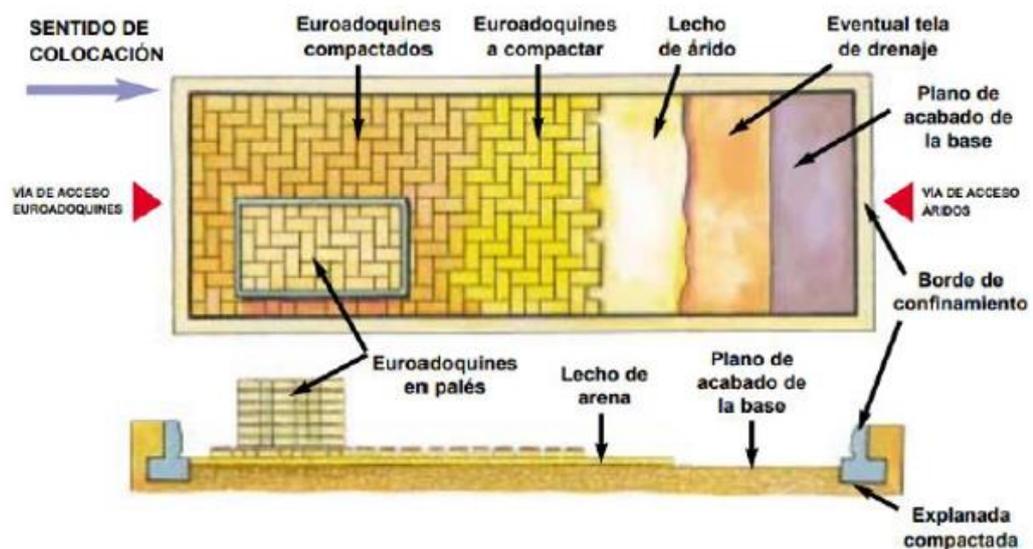


Figura 16. Secuencia de operaciones constructivas.
Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Pavimento articulado

a. Planificación del trabajo

Para la realización de este desarrollo se necesita encontrar los servicios locales, para evitar dañar las redes públicas. Se tienen que realizar vías de acceso en diferentes lados, para evitar disminuir el tiempo en su proceso de colocación, para que de esa manera se pueda tener diferentes suministros durante el desarrollo.

Por otra parte, los materiales que van a conformar dicha estructura serán trasladado hasta hacerlos llegar al almacén donde serán colocados de la forma correcta. Mientras se de este proceso de realización es de gran necesidad componentes que nos facilite una colocación rápida.

b. Preparación de la subrasante

En este proceso se realiza el movimiento de tierras, por lo que es imprescindible para alcanzar una tribuna uniforme, donde en la parte superior se realizara la ejecución del pavimento. Para iniciar es necesario afirmar que debe estar completamente seca. Cuando se realizan superficies con un nivel elevado freático se necesita la ejecución de un drenaje que nos pueda conservar unos 30cm sobre él.

c. Sub - base y base

En este recubrimiento la evolución de la ejecución es igual, pero las materias presentan distintas propiedades. Iniciando por la sub-base, se da a conocer que está sometida a las restricciones del suelo que presente la subrasante, por eso se precisa en el caso de subrasante es alta, nos permite anular la utilización de la sub-base. Para su ejecución de la base y sub base, se tiene que proceder a realizar los pasos que se muestran a continuación.

Tabla 8. Tolerancias superficiales, establecida por el Euroadoquín.

CAPA	TOLERANCIA
Subrasante / explanada	-50 mm; +15mm
Sub - base	-50 mm; +10mm
Base	-30 mm; +10mm

Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

d. Bordos de confinamiento

Los pavimentos articulados tal como otros de su clase, tienen la necesidad de la asistencia de componentes de confinamiento a los laterales, la realización de esto nos permite evitar que se muevan las unidades que lo componen, cuando se encuentran impuestas a cargas y con eso se evita: pérdida.

Tabla 9. Tolerancias superficiales, establecida por el Euroadoquín.

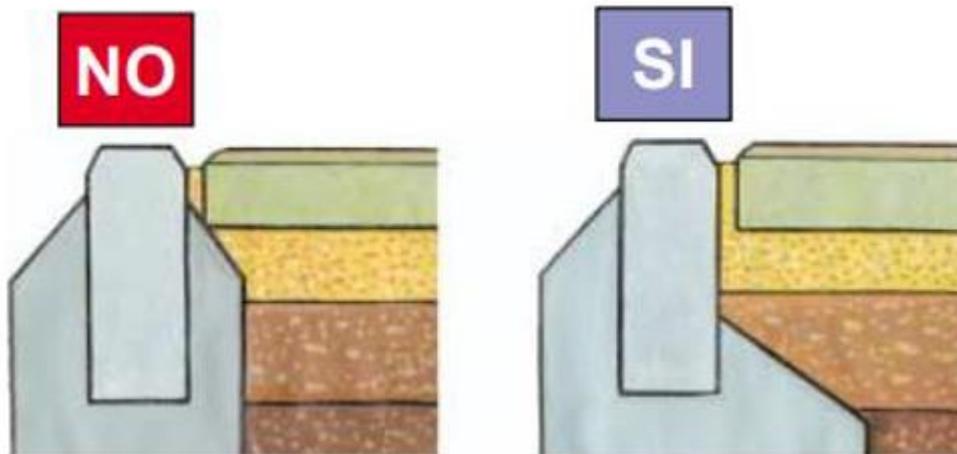
BORDES DE CONFINAMIENTO	
Sin la presencia de bordes	Dispersión del lecho del árido.
	La pérdida de trabazón.
	La apertura de juntas.

Fuente: EuroAdoquín. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Su instalación de sus costados de confinamiento se debe realizar antes que se realice el lecho, solo tiene que ser ubicado al largo de la parte extrema del piso. Se fija que estos bordes son colocados encima de una capa de hormigón, para que de esa manera sean fijados, se concuerda que deberán encontrarse a 6cm debajo de la parte inferior del elemento del pavimento articulado, y también las juntas que estén entre elementos tienen que ser

sellados con mortero, de esa manera se evita que se salga la arena y el sellado (EuroAdoquin,2004).

Figura 17. Fijación de un borde de confinamiento

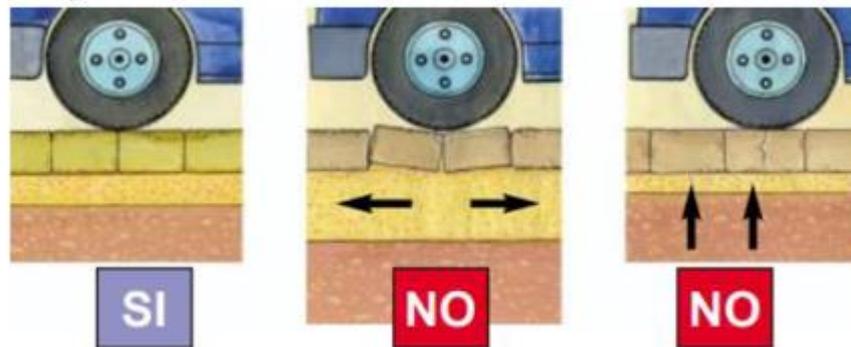


Fuente: EuroAdoquin. (2004). Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines. Madrid: MTCE-04.

Capa de arena

Con estos elementos esta capa, logran formar al elemento fundamental para que se pueda determinar, de la misma manera que responde el pavimento ante su posición de las fuerzas. Cuando se logre saber cuál es la arena a realizar, se necesita que logre ser tamizada y de esa manera prevalezca su homogeneidad. Una vez realizado los bordes de confinamiento se extenderá por toda la plataforma de este pavimento. Una función principal es soportar sus diferencias de espesor que se presentan entre adoquines, de la siguiente manera, al momento que los adoquines se compacten, deben presentar la parte superior homogénea en toda la superficie; también es apto de lograr distribuir los esfuerzos que son producidas por los vehículos que pasa logrando impedir su deterioro de sus elementos.

Figura 18. Reacción de la capa de arena, cuando no se coloca el espesor adecuado.



Fuente: EuroAdoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines*. Madrid: MTCE-04.

e. Colocación del adoquín

Estos elementos pueden ser ubicados al momento que la parte superior del árido se encuentre nivelado, es muy importante presentar una mayor atención a los adoquines que son colocados primeros por lo que si les sucede algún inconveniente, pueden reflejar su error en las siguientes hiladas.

Recordando siempre su colocación de los adoquines es un punto mucho más importante durante el proceso, se necesita que se proyecte un replanteo para que se conozca que cumpla con los requerimientos según su estructura del pavimento; para el proceso de la colocación puede realizarse de manera mecánica o manual y teniendo que ver para que fue planteado por lo que existen formas especiales de colocación.

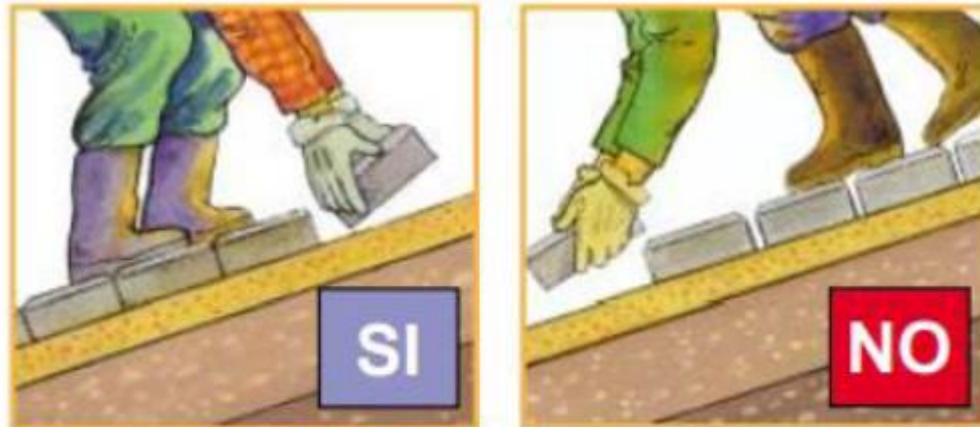


Figura 19. Colocación de los adoquines de manera manual, en Pendiente.

Fuente: EuroAdoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines*. Madrid: MTCE-04.

f. Sellado de juntas

En este desarrollo de ejecución le brinda al pavimento una funcionalidad ideal, por lo que gracias a ellas se realiza la filtración, siempre considerando el adecuado material.

Su proceso de lograr agregarlo comienza con la colocación de arena sobre su superficie del adoquín, en el momento que se va introduciendo hacia las juntas con el proceso de barrido, ya se realice con una escoba o cepillo, en otras direcciones y la cantidad de veces que se necesite hasta apreciar que sean rellenadas totalmente, dejando que el pavimento presente una conducta como si fuera un solo bloque en el momento que este soportando las cargas.

Se recomienda que se deje algo de arena en la superficie una vez terminado el pavimento por un proceso de dos semanas, con la idea que cuando pase los vehículos y la lluvia lo terminen por amoldarlo o colocando lo sobrante y consolide su sellado.

De gran importancia que se reconozco que mientras se realiza el transcurso de su sellado su elemento no debe ser alguna cosa de aglomerante, por lo que terminaría destruyendo el pavimento, evitando su flexibilidad, logrando que se salga en el tiempo.

g. Compactación del pavimento

Es muy útil lograr hacer el proceso de compactado de la superficie a través de placas vibrantes o a través de rodillo mecánico, teniendo muy en cuenta que la fuerza tiene que ser proporcional según su espesor del adoquín con el cual se está trabajando, teniendo consideración con sus propiedades del pavimento, cuando se tenga un área superior con inclinación o desnivel el proceso de compactado tiene que realizarse ascendentemente y transversal según la pendiente.

Luego que esta ejecución se finalice se necesita que se logren revisar las juntas por lo que la arena pudo haber causado un daño o se haya asentado, llegando a dejar a las juntas prácticamente vacías, si logra ocurrir es justo que se realice nuevamente la limpieza de arena. Logrando terminar este proceso se continua con la limpieza del pavimento articulado.

h. Limpieza final

Dicha tarea se va realizando cuando el proyecto ya está culminado y ya sería entregado, consiste en la eliminación de los sobrantes de los agregados que probablemente quedaron en cima del pavimento, lo cual se procede con la realización del barrido, tratando de evitar la utilización del agua, una vez ya pasado unos 15 días se recomienda una limpieza nueva la cual ya es factible la utilización de agua, pero tiene que tener una inclinación para que de esa manera se evite extraer el elemento que se aprecie en las juntas.

Una vez terminado el pavimento articulado debe presentar sus mantenimientos como se estipula para que de esa manera logre cumplir con su vida útil.

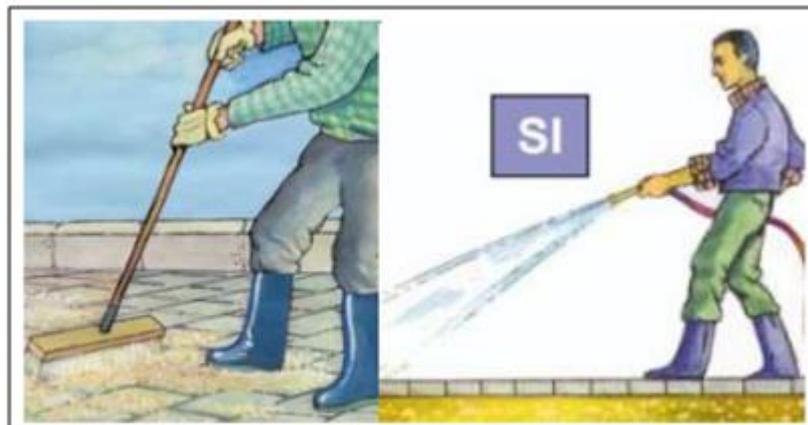


Figura 20. Limpieza por barrido y por chorro de agua cuidándose el ángulo de incidencia

Fuente: EuroAdoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines*. Madrid: MTCE-04.

i. Mantenimiento del pavimento

Su mantenimiento adecuadamente nos asegura que este pavimento va a cumplir con su vida útil, lo cual tiene que ser visto desde su planificación hasta su ejecución.

Por lo que es necesario encontrar a su debido momento los inconvenientes y realizar en ese momento el mantenimiento necesario.

Tabla 10. Mantenimiento del pavimento.

MANTENIMIENTO DEL PAVIMENTO	
Limpieza	Este proceso es muy sencillo, consistiendo únicamente en retirar la vegetación que se podría haber acumulado en las juntas durante el transcurso del tiempo, por ningún motivo se debe permitir la limpieza del pavimento mediante chorros de agua a presión, ya que este tipo de acciones puede retirar el material que se encuentra entre las juntas; esta actividad puede realizarse con el uso de mangueras en el ángulo adecuado.
Cuidado de juntas	Se debe tener un especial cuidado con ellas teniendo que estar selladas en todo momento, las juntas no podrán perder más de 10mm, si esto sucede se debe buscar la causa de su pérdida. Si se encuentra grama entre ellas es necesario retirarla y posteriormente rellenarlas nuevamente.
Hundimiento	Si esto se produce se deberán retirar los adoquines en las zonas donde sufrieron daños, considerando que puede ser por lo menos unos 40 cm a su alrededor, realizando la reparación que solicite y su posterior reconstrucción de la franja del pavimento. Cuando el área sea reparada, deberá quedar con un nivel arriba de los 20mm para vías con tránsito vehicular y 5mm en vías de tránsito peatonal, en la base ya compactada para que al momento en que se consolide la zona reparada, esta quede al nivel del resto del pavimento.
Ondulaciones	Cuando esto ocurre se podrá intuir que el pavimento está sufriendo cargas mayores para las que fue diseñado o que su base es insuficiente, por lo que será necesario efectuar una reparación completa.

Fuente: EuroAdoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines*. Madrid: MTCE-04.

Extracción de adoquines del pavimento

Para que se pueda ejecutar esta actividad hay dos maneras para realizar que serán mencionadas en el cuadro siguiente.

Tabla 11. Extracción de adoquines del pavimento.

EXTRACCIÓN DE ADOQUINES DEL PAVIMENTO		
Metodo habitual	Para poder ejecutar esta acción es necesario romper dos o tres adoquines, posteriormente se removerán los demás adoquines. Este método de mantenimiento tiene la desventaja de que los adoquines que fueron rotos al inicio de la actividad tendrán que ser reemplazados, ya que está prohibido llenar los espacios con elementos fundidos.	
Sin rotura	Extracción del primer adoquín	En esta primera acción es importante tratar de retirar toda la arena de las juntas como sea posible, esto con ayuda de una espátula pequeña; terminada esta acción se pasa a levantar el adoquín con ayuda de una cuchilla o un extractor de adoquines, cada una de estas acciones se tendrán que hacer con cuidado de no perjudicar a los adoquines que se encuentren cerca de él.
	Extracción de adoquines adyacentes	Para poder facilitar el retiro de los demás adoquines se puede pasar un vibro compactador logrando que los adoquines pierdan confinamiento haciendo más fácil su retiro, otra de las maneras puede ser con ayuda de un martillo de goma, golpeándolos y luego siendo retirados con ayuda de una herramienta especial de retiro.
	Limpieza de los adoquines retirados	Con ayuda de cepillos especiales se pasa a retirar la arena que se encuentre adherida en las caras de los adoquines, después se pasa a revisar la base y la sub-rasante tratando de resolver el problema y arreglando la rehabilitación de la estructura.
	Colocación de los adoquines	Para que los adoquines sean colocados nuevamente, se debe primero compactar la base, para luego ser posicionada la cama de arena y finalmente poner el adoquín sobre ella, cumpliendo con todo el proceso normal.

Fuente: EuroAdoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euroadoquines*. Madrid: MTCE-04.

2.3 Definición de términos básicos.

Adoquín: Elemento macizo el cual por su generalidad son hechos por una mezcla la cual presente Ag. fino, Ag. grueso, h₂o y cemento con un desarrollo que sea industrial utilizando moldes y puede variar en formas y tamaños. Y son utilizados en lugares de aire libre, avenidas y todo tipo de pavimentos. (Pacasmayo, 2014).

Compresión: Es el esfuerzo máximo el material o sólido a la compresión, lo que genera una reducción de volumen del cuerpo. (Parro, 2014).

Curado: Es el proceso de hidratación que se le hace al concreto en edades tempranas lo que ayuda a endurecer con el tiempo y evolucionar sus propiedades para lo que se diseñó la mezcla. (Sika, 2009).

Dosificación: Es la cantidad necesaria de cada elemento para producir un concreto según la especificación brindada. (Conceptos Básicos, 2014).

Fraguado: Es cuando el concreto pierde su plasticidad y manejabilidad y se solidifica por la cristalización. (Baroni, 2014).

Granulometría: Se presenta de acuerdo al tamaño de sus partículas, como los áridos fino, áridos grueso y rocas. (RAE, Diccionario de la L. Española, 1780).

Relación a/c: Su relación Agua Cemento y el valor más importante del concreto ya que de dicha relación depende su durabilidad y resistencia. (Instituto del Cemento Portland Argentino, 2014).

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general:

El concreto reciclado es eficaz en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal.

2.4.2 Hipótesis específicas:

H1. El ensayo de resistencia a la compresión de pavimentos articulados con concreto reciclado se encuentra en los parámetros establecidos.

H2. El costo de elaboración de los pavimentos articulados con concreto reciclado es menor que los pavimentos articulados tradicionales.

H3. El impacto al medio ambiente disminuye elaborando pavimentos articulados con concreto reciclado.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

Este proyecto es aplicado y tecnológico debido que su función principal es presentar mejores características al pavimento articulado, agregando un material nuevo. (Hernández, 2010, p.84).

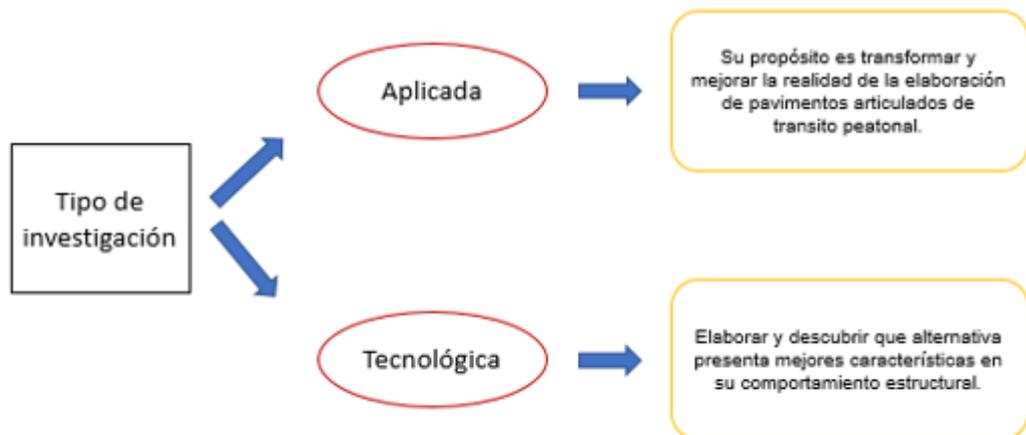


Figura 21. Tipo de investigación
Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Diseño de investigación

Este proyecto muestra un diseño cuasi experimental, Por lo que trabaja con los diferentes elementos que lo componen hasta lograr llegar al punto preciso de nuestra investigación. Ya que busca medir probabilísticamente la relación causal que se estable en sus variables, y encontrarse en la posibilidad de aceptar o rechazar las hipótesis (Rojas.2013, p.272).



Figura 22. *Diseño de investigación*
Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Nivel de investigación

Dichas investigaciones son aplicadas en el uso de la investigación de problemas y propiedades precisas. De tal manera el trabajo va dirigido a la aplicación próxima. (Tamayo 2003, p. 43).

3.1.4 Enfoque de investigación

Su enfoque cuantitativo recolecta información para analizar hipótesis, con mediciones numéricas y análisis estadísticos, para demostrar las teorías. En el siguiente proyecto presenta perspectiva cuantitativa, ya que se puede demostrar la hipótesis a través de su utilización de obtener datos y las mediciones numéricas. (Hernández et al. 2010, p.4).

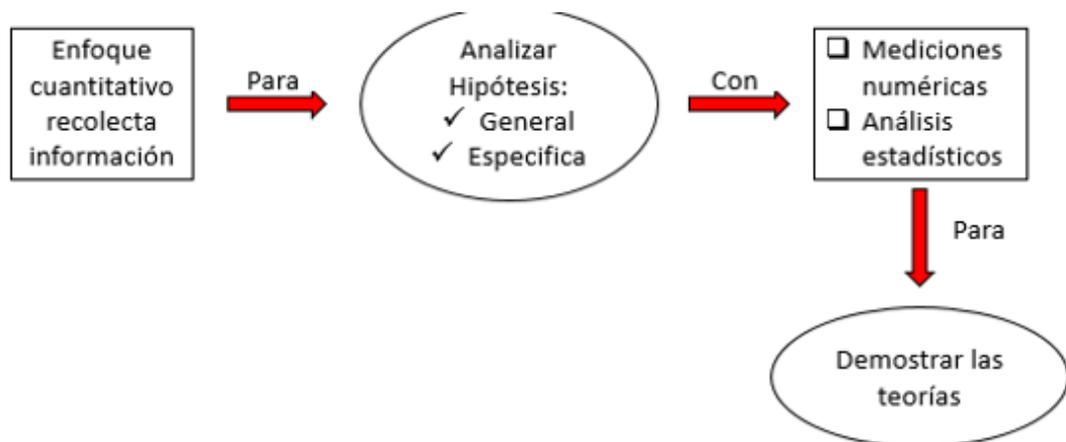


Figura 23. Enfoque de investigación
Fuente: Elaboración propia.

3.2 Identificación de variables

Se puede apreciar la variable independiente y dependiente.

Tabla 12. Variables de la investigación.

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR
VARIABLE INDEPENDIENTE		
Pavimentos articulados con la aplicación de concreto reciclado	Criterios para el diseño de pavimentos articulados	Diseño
		Porcentajes - cantidad
		Muestreo de agregados
		Durabilidad
		Abrasión del agregado
VARIABLE DEPENDIENTE		
Diseño y elaboración de pavimentos articulados	Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto	Peso unitario
		Porcentaje de vacíos
		Contenido de humedad
		Peso específico
		Absorción del agregado grueso y fino
	Disminución de costos de producción	Granulometría de los agregados.
		Elaboración de Presupuesto
	Medio ambiente	Prueba de calidad del concreto
Tiempo de ejecución		

Elaboración. El autor.

3.3 Diseño muestral

Para la tesis que se está presentando la población de estudio es la cantidad de combinación empleada para ensayos.



Figura 24. Diseño muestral.
Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de los diseños de mezcla se utiliza un molde con dimensiones de 8cm x 10cm x 20cm. Para una elaboración de 8 adoquines con concreto reciclado para tránsito peatonal con la variación proporcional de 5% de concreto reciclado.

Tabla 13. Datos para muestra.

DATOS PARA MUESTRA		
Cemento	3	Cara superior del adoquín la cual soporta
Relación a/c	2	0.45 y 0.65
Resistencia a la compresión	18	28 días
Adoquines resistentes a la compresión	8	Para cada día

Elaboración. El autor.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Este proyecto de tesis utiliza la observación como una técnica para recopilar datos de sus ensayos experimentados en laboratorio. Se logran utilizar formas de control de información, que se utiliza para guardar la información encontrada de los ensayos de su peso unitario, el porcentaje que se queda de temperatura, aire, resistencia a la compresión, trabajabilidad que será útil para la validez de sus valores encontrados.

3.5 Procesamiento de datos

Para este proyecto se analizaron los agregados a utilizar, el diseño y elaboración de los pavimentos articulados.

Los ensayos realizados son:

- Peso unitario.
- Cono de Abrams
- Resistencia a la compresión a los 28 días.

Los datos se hacen a través de escrituras con formatos que luego serán mostrados a través de gráficos o cuadros con una ayuda del programa para calculo llamado Excel, la metodología de reclutamiento de datos es de observación experimental, por lo que son elaborados en laboratorios.

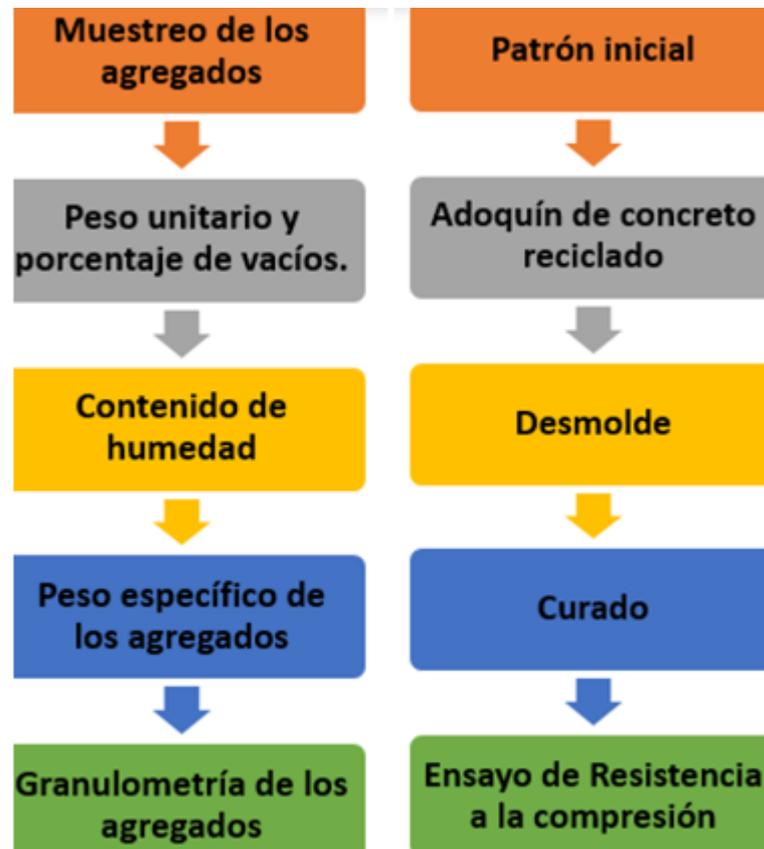


Figura 25. Procesamiento de datos.
Fuente: Elaboración propia.

3.6 Aspectos éticos

Las apreciaciones presentadas serán reales, guardando el debido orden que brinda la norma solicitada en cada uno de los ensayos que serán realizados, teniendo en cuenta la moralidad profesional.

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4.1 Reconocimiento del material

4.1.1 Características y ubicación de la cantera de los agregados

Al agregado se le considera como una parte fundamenta en el diseño de conjugación de un concreto, por eso mismo se necesita que del lugar de su origen este presente sus propiedades mecánicas requeridas para lograr presentar resultados beneficiosos en: trabajabilidad, durabilidad y esfuerzo en su elaboración de mezcla en los elementos con concreto reciclado. Para obtener sus características mecánicas de estos agregados se rige en varios ensayos, del cual están en la NTP y ASTM.

Los agregados que se utilizan durante la investigación serán:

- Agregado grueso Confitillo – N8, que son traídos desde la cantera “Desaguadero”
- Agregado fino que sería la Arena Gruesa, de la misma manera es traído desde la cantera “Desaguadero”
- Concreto reciclado, fue recaudado de montículos de desmonte de agregados y su proceso de trituración fue realizado en la chancadora que se encuentra ubicado en la misma cantera “Desaguadero”.

4.2 Materiales y/o insumos a utilizar

4.2.1 Características

Para preparar un concreto la mezcla es esencial para este proceso, por ello el lugar de donde se extraigan los materiales nos indicara la calidad y confiabilidad del producto que obtengamos todo esto tiene una implicancia en la durabilidad, trabajabilidad y resistencia para los adoquines que queremos obtener. Para las pruebas mecánicas nos basaremos en dos normas básicas y esenciales las cuales son, la NTP - ASTM.

Los áridos que se utilizan en esta investigación fueron:

- Áridos fino se tiene a la arena gruesa, que proviene de la Cantera “DESAGUADERO” - Lambayeque
- Un acceso correcto de su locación y algunas apreciaciones de la cantera nos ofrece un mejor detalle de como acudir a esta, se observan las características de dicha cantera DESAGUADERO.

Tabla 14. Características de la cantera.

COORDENADAS UTM DE LA CANTERA		
<i>Nombre</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
<i>Desaguadero</i>	<i>6° 44' 07" S</i>	<i>79°38' 00" W</i>
CARACTERÍSTICAS DE LA CANTERA		
Ubicación	:	Desaguadero km 47
Acceso	:	47 km de la Provincia de Chiclayo
Propietario	:	Asociación Civil “Las Canteras”
Potencia útil	:	11,942.34 m ³
Límite líquido	:	20.04%
Límite plástico	:	19.24 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Ensayos aplicados a los agregados

Se sabe de los áridos que conforman las 3/4 partes de la mezcla del concreto, es muy importante que cuenten con mejor calidad; por ello, que se debe poner a distintos análisis en sus propiedades físicas.

Los insumos para usar en un diseño de mezcla deben estar normadas, por ende, estas deberían ser partículas resistentes, libres es decir puras y ajenas de cualquier agente químico; ayuda que su utilidad mejore, teniendo mejor calidad en un proceso constructivo.

Dichos ensayos se realizan a distintos áridos, que estuvieron puestos en la norma ASTM - MTC - NTP en dicha tabla se indica que las normas aplicadas se emplearan dentro de su diseño:

Tabla 15. Ensayos aplicados

Ensayo / Norma	MTC	ASTM	NTP
Muestreo de los agregados	E. 201-2000	D-75	400.010
Peso Unitario y porcentaje de vacíos	E. 203-2000	C-29	400.017
Abrasión del agregado grueso	E. 207-2000	C-131	400.019
Contenido de humedad	E. 215-2000	D-2216	339.185
Peso específico y absorción del A. Grueso	E. 206-2000	C-127	400.021
Peso Específico Y Absorción del A. Fino	E. 205-2000	C-128	400.022
Granulometría Afino	E. 204-2000	C-136	400.012
Granulometría A. grueso	E. 204-2000	C-136	400.012

Fuente. Adaptado de Chaiña Quispe, J., & Villanueva Escobedo, Y. (2017).

a. Muestreo de los agregados y concreto reciclado

Descripción del procedimiento:

Se identifica el agregado a utilizar, en este caso el concreto reciclado después de un proceso se utilizará en un cierto porcentaje como agregado grueso, lo cual se encontró en la ciudad de Chiclayo, y es trasladado a la cantera Desaguadero, lugar donde hay una chancadora y ahí procede a ser pasado en dicha máquina y teniendo como resultado 3 tipos de tamaños.



Figura 26. Agregado reciclado que se pondrá en la chancadora.

Fuente: Elaboración propia.

Cuarteo del material

En este caso empieza con la extracción de dicho material que se va a realizar el estudio (Concreto reciclado), dicho material se pone a secar por medio día, para luego realizar una mezcla uniforme.

Luego se forma de manera cónica, para ser aplanada buscando que la muestra tenga que ser uniforme, después se debe trazar 2 diámetros perpendiculares, de la siguiente manera se obtienen 4 partes, el cual se extraen 2 partes exteriores y las que quedaron son combinaciones, para posteriormente ser divididas en 4 partes iguales, para seleccionar la cantidad que se analizará.



Figura 27. Cuarteo del material.

Fuente: Elaboración propia

a. Peso unitario y porcentaje de vacíos.

Según el MTC E 203-2000 "PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AG" los cuales toma como referencia la norma ASTM C-29. Ensayo para poder determinar peso unitario.

Equipos utilizados:

- Cuchara
- Varilla de acero
- Recipiente
- Balanza

Peso unitario suelto

- Pesar el molde
- Medir molde, para tener el volumen, lo que es para A.G $1/3 \text{ pie}^3$ y A.F de $1/10 \text{ pie}^3$.
- Lograr hacer muestra y cuarteo
- Se vierte el material.
- Se repite el proceso para lograr llenar el molde, finalmente se enraza su superficie con una regla metálica.
- Se extraen 3 partes de muestra.
- Se hace el registro, después se tendrá el promedio.

Peso unitario compactado

- Pesar el molde
- Medidas del molde, para encontrar su volumen.
- Ag. grueso es a partir de $1/3 \text{ pie}^3$ y ag. finos es de $1/10 \text{ pie}^3$.
- Se logra hacer el muestreo - cuarteo
- Vertimos el material, luego apisonar 25 veces por el rededor de dicha

muestra, para que luego se continúe con la parte exterior de dicho molde con un martillo con parte de goma.

- Se repite el procedimiento hasta completar el molde, para luego ser enrazado.
- Se sacan 3 muestras para luego realizarles su promedio.

Cálculos

$$\text{Peso unitario suelto} = \frac{\text{Peso de la muestra (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Peso unitario Compactado} = \frac{\text{Peso de la muestra compactada (kg)}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

$$\% \text{ de vacíos} = \frac{((A \times W) - B)}{(A \times W)} \times 100$$

- PE: Peso Específico
- PU: Peso Unitario Suelto y Compactado, según corresponda

Volumen del molde

Altura = 0.30m

Diámetro= 0.15 m

Volumen = $\pi * D^2 * H/4 = 0.0053 \text{ m}^3$

Tabla 16. Peso unitario de arena fina

	Peso sin compactar	Peso compactado
Muestra 1	9.670 kg	10.765 kg
Muestra 2	9.389 kg	10.639 kg
Peso unitario suelto 1	1824.53 kg/m ³	
Peso unitario suelto 2	1771.51 kg/m ³	
Peso unitario compactado 1		2031.13 kg/m ³
Peso unitario compactado 2		2007.36 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Peso unitario del confitillo

	Peso sin compactar	Peso compactado
Muestra 1	8.764 kg	9.488kg
Muestra 2	8.585 kg	9.278 kg
Peso unitario suelto 1	1653.58 kg/m ³	
Peso unitario suelto 2	1619.81 kg/m ³	
Peso unitario compactado 1		1790.19 kg/m ³
Peso unitario compactado 2		1750.57 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Peso unitario del concreto reciclado.

	Peso sin compactar	Peso compactado
Muestra 1	7.079 kg	7.973 kg
Muestra 2	7.174 kg	8.014 kg
Peso unitario suelto 1	1335.66 kg/m ³	
Peso unitario suelto 2	1353.58 kg/m ³	
Peso unitario compactado 1		1504.34 kg/m ³
Peso unitario compactado 2		1512.08 kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

a. Contenido de humedad

En estado natural del árido por estar puesto a la intemperie se puede tener mayor o menor agua; para hablar de Absorción se refiere al espacio que tiene el árido de aspirar agua. En término general se tiene que el contenido de humedad le disminuimos su porcentaje de succión del árido.

- $w = \frac{\text{peso del agua}}{\text{peso del suelo secado al horno}} \times 100$
- $w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100$

Donde:

w = es el contenido de humedad, (%)

M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo en gramos.

M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo seco en gramos.

M_c = es el peso del contenedor en gramos.

M_w = es el peso del agua en gramos

M_s = es el peso de las partículas sólidas en gramos

Tabla 19. Contenido de humedad

Contenido de humedad de los agregados			
N° tara	Concreto reciclado	Arena	confitillo
peso húmedo + tara	261 gr	465 gr	381 gr
Peso seco + tara	253 gr	454 gr	372 gr

Elaboración: el autor

Cálculo:

$$w(\text{concreto reciclado}) = \frac{261 \text{ gr} - 253 \text{ gr}}{253 \text{ gr} - 51 \text{ gr}} \times 100 = 3.96\%$$

$$w(\text{arena}) = \frac{465 \text{ gr} - 454 \text{ gr}}{454 \text{ gr} - 51 \text{ gr}} \times 100 = 3.96\%$$

$$w(\text{confitillo}) = \frac{381 \text{ gr} - 372 \text{ gr}}{372 \text{ gr} - 51 \text{ gr}} \times 100 = 2.80\%$$

b. Peso específico del ag. grueso

De acuerdo con la normativa

MTC E 206-2000

N. ASTM C-127

NTP 400.021

Equipo utilizado:

- Cuchara y fuente
- Tamiz N°4
- Taras
- Horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$
- Balanza.

Procedimiento:

- Se selecciona el árido grueso y se realiza el cuarteo
- Zarandear el material en el Tamiz N°4 y lo que pase será desechado.
- Se debe pesar la muestra la cual esta con un colindante entre 500 - 1000gr
- Luego de ser saturado el agregado, colocándolo en un recipiente en el cual se verterá agua y se reconoce el material, dejando por 1 día.
- Luego de haber pasado las 24horas se botará el agua y luego tendrá que ser secada.
- Luego se pesa la muestra.
- Se lleva a pesar la canastilla sometida dentro de un recipiente de agua.

Se introduce dicha muestra en la canastilla y sumergir, para calcular su peso dentro del agua.

Se realiza este desarrollo se consigue esta muestra, se pone encima la tara y se pone en el horno por 24h a la temperatura de $110 \pm 5^\circ$



Figura 28. Agregado grueso (confitillo) saturado.

Fuente: Elaboración propia.

c. Peso específico del agregado fino

Se basa en la MTC E 205-2000 "PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS".

Equipo utilizado:

- Fiola de 500ml
- Balanza
- Taras y bandejas
- Horno $110 \pm 5^\circ\text{C}$

Procedimiento:

- Escoger una determinada parte de la muestra, se pesa un aproximado de 1000gr se coloca en el recipiente con agua, se dejará reposar por 1 día, queriendo que la muestra obtenga la saturación total.
- Luego de 24 horas, se tiene con mucho cuidado, se pone el material saturada sobre un envase y se realiza a un respectivo secado.
- Durante su realización se va moviendo para obtener un uniforme secado.
- Cuando se presenta un buen secado, ponemos la muestra en el cono, se deja caer la varilla unas 25 veces, sobre el material.
- Finalmente, se continua a extraer el cono para que se verifique el primer desmoronamiento.
- Con el material que introdujo en el cono con un peso de 500gr, se pone en la Fiola estando tarada, se obtendrá su peso, luego llenar contra la línea, se deja durante 24 horas.
- Luego de 24h se coloca el material y se pone encima una tara para luego ser colocada en el horno por un tiempo de 24 h y lo pesen en estado seco.



Figura 29. Peso de la Fiola con agua.

Fuente: Elaboración propia.

d. Granulometría del agregado fino

Este proceso se fundamenta con la Norma MTC E 204-2000 “ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARIDO GRUESOS Y FINOS”.

Equipo utilizado:

- Tamices 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100
- Balanza
- Taras y cuchara
- Horno $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Tabla 20. Granulometría del árido fino

Granulometría del árido fino	
Tamiz	Peso (gr)
N° 3/8	4.13
N° 4	30.81
N° 8	92.11
N° 16	99.32
N° 30	105.03
N° 50	57.23
N° 100	51.34
FONDO	64.70

Elaboración: el autor

e. Granulometría del árido grueso

El siguiente ensayo se sustenta de la N. MTC E 204-2000
“ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ARIDOS GRUESOS Y FINOS”

Equipo utilizado:

- Tamices: 3/8”, N°4, N°8, N°16
- Balanza
- Taras y cuchara
- Horno $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$

Tabla 21. Granulometría del árido grueso

Granulometría del agregado grueso confitillo	
Tamiz	Peso (gr)
N° 3/8	23.15
N° 4	2663.99
N° 8	224.72
N° 16	24.26
FONDO	7.70

Elaboración: el autor

4.2.2 Proceso constructivo

Equipos utilizados:

- Mesa Vibratoria consta de:
 - Motor de 220V y Type de 0.75kw.
 - La cual genera una vibración aprox de 4500 vib/min.
 - 20seg de vibrado para el compactado de pavimentos articulados.
 - Presenta un molde de 8 adoquines con medidas de 8x10x20cm.
- Mezcladora de 3 Pie³, con motor de 1/3 Hp
- Balanza electrónica.

Descripción a realizar:

- Método del diseño convencional ACI "American Concrete Institute" para concreto se eligió como plan a seguir; este método utiliza cuadros de los cuales son realizadas empíricamente a través de ensayos.
- Una vez ya obtenido los resultados de los siguientes cálculos de diseño, se comienza a pesar los elementos que se van a utilizar como áridos grueso (confitillo), áridos fino (Arena gruesa), agua y cemento.
- Se realiza una limpieza de los equipos a utilizar, lubricando el molde de los adoquines para no perjudicar al momento de extraer.
- Una vez prendida la máquina mezcladora se procede a la colocación de los materiales llevando un orden para evitar grumos en la mezcla.

- Llevando el orden correspondiente primero se agrega completamente el agregado grueso que en este caso es el confitillo de 3/8", para consiguiente continuar colocando la mitad del agua que corresponde a la mezcla, con lo cual se deja en un intervalo de 2 minutos.
- Pasado los dos minutos se realiza en su totalidad la colocación de cemento, luego la colocación de la arena gruesa, y finalmente la mitad del peso del agua faltante; con lo cual tendremos un tiempo de mezclado de 3 a 5 minutos.
- Obteniendo una mezcla optima, se extrae la mezcla a unas bandejas para tener una fácil maniobrabilidad para poder vaciar en los moldes que se encuentran sobre la mesa vibratoria.
- Al momento de vaciar la mezcla en el molde, se esparce uniformemente, y que sobre pase unos 3cm de altura del adoquín que se quiere obtener, debido que la mezcla baja por la vibración que hace que salga más uniforme y compacto.
- Se enciende la mesa vibratoria con un lapso de 20seg, terminado el tiempo se enrasa la combinación con una varilla, para obtener la parte superior lisa.
- Finalmente, se tapan los recipientes con plástico para evitar la exudación.

Patrón inicial:

La NTP. 399.611 "UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Su medida espesor 8 cm, ancho 10 cm y longitud 20 cm, y deberán tener una variación, ± 3.2 espesor, ± 1.6 longitud y ancho. Se realizó seis muestras diferentes, con variaciones en su dosificación para hallar el patrón, con el cual nos servirá como base, para quedarnos con el que tenga mayor F'c.

Adoquín de concreto reciclado:

Se realizaron diez muestras diferentes de adoquín con concreto reciclado teniendo como base el patrón inicial, el cual se fue disminuyendo el agregado grueso que en este caso fue el confitillo de 3/8", para agregarle el concreto reciclado en las mismas cantidades, lo cual se fue realizando de manera consecutiva de 5%.



Figura 30. Maquina mezcladora, donde se añadirán los materiales.

Fuente: Elaboración propia

Desmolde:

Después del proceso de vibrado, los adoquines inmediatamente son desmoldados y cubiertos por un plástico y colocado en un lugar donde no le llegue directo el sol, viento e impurezas.



Figura 31. Mesa vibratoria.
Fuente: Elaboración propia

Curado

Los adoquines son sumergidos en recipientes con agua sin impurezas, dejándolos por un periodo de 28 días, para obtener una máxima resistencia.

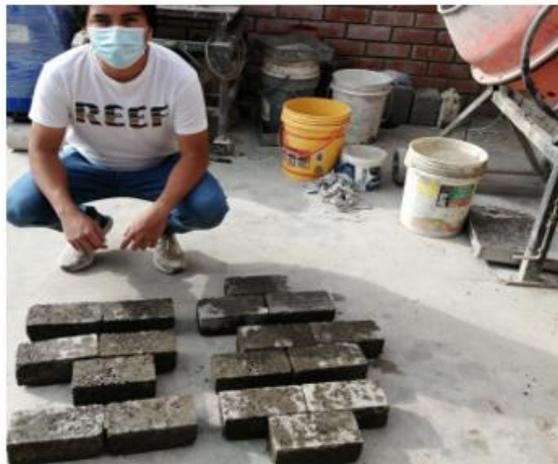


Figura 32. Los adoquines después de su curado, se deja secar por 24 horas.
Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de resistencia a la compresión

Según la NTP 399.611 “Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos”

Clasificación:

- Tipo I : Adoquines para pavimentos para utilización peatonal.
- Tipo II : Para los pavimentos del tránsito de vehículos ligeros.
- Tipo III: Para los pavimentos utilizados en tránsito para vehículos pesados.

Procedimiento:

- Después de un secado de los adoquines por 24 horas, se le realizara el F'c.
- El adoquín realizado se pondrá sobre una plancha metálica que se encuentra en la máquina, se ejercerá presión hasta el momento que la rótula toque el adoquín.
- La carga aplicada debe ser uniforme hasta llegar al termino y nos brinda su lectura máxima.
- Y finalmente el modelo será retirado.
- El mismo procedimiento se realizará a los adoquines, que en este caso tenemos diferentes diseños.



Figura 33. Adoquín ensayado con una aplicación de carga uniforme.

Elaboración: el autor

Dosificación

Se comienza a realizar diferentes tipos de dosificaciones de los adoquines de concreto para poder encontrar el patrón adecuado, luego de realizar 10 dosificaciones diferentes, se logró llegar a los 28 días a 297.805kg/cm² de resistencia y según la NTP 399.611 que para pertenecer a los pavimentos articulado de tránsito peatonal debe cumplir con una resistencia mayor a los 290kg/cm²



Figura 34. Se realiza diez diseños de muestras.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1 Análisis de resultados

Lo que se aprecia en este capítulo son las respuestas de todos los ensayos realizados según la metodología descrita en el Capítulo IV, donde se puede apreciar el procedimiento a seguir de cada uno de ellos.

se determinan los resultados sacados de los laboratorios a través de gráficos y cuadros para de esa manera se pueda analizar y ejecutar las comparaciones de sus características físico - mecánicas de los pavimentos articulados y resolver las hipótesis sobre el concreto reciclado.

5.1.1 Ensayo a los materiales

Se mostraron las respuestas logradas a través de distintos ensayos normalizados por el MTC. La cantera de la cual fueron extraídos los materiales son: Cantera "Desaguadero".

5.1.2 Diseños patrones

Posteriormente, se detalló un orden de los diseños de patrones que se llegaron a realizar, en los inicios de dicha investigación.

5.1.3. Resistencia a la compresión

Se ejecutó a los diseños piloto con concreto reciclado con el fin de encontrar el diseño con mayor resistencia a la edad 7 y de 28 días.

Diseño de mezcla

En el formato se agrega la resistencia cilíndrica a compresión del concreto según la NTP 399.611. Donde especifica, el pavimento articulado de tránsito peatonal debe tener una resistencia mayor a 290kg/cm².

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 290 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento Tipo I - Pacasmayo
2.- Peso específico : 3150 Kg/m³

AGREGADOS :

Agregado fino :

Arena gruesa - Desaguadero

- | | | |
|------------------------------------|-------|--------------------|
| 1.- Peso específico de masa | 0.000 | gr/cm ³ |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 0.000 | gr/cm ³ |
| 3.- Peso unitario suelto | 1723 | Kg/m ³ |
| 4.- Peso unitario compactado | 1943 | Kg/m ³ |
| 5.- % de absorción | 0.0 | % |
| 6.- Contenido de humedad | 0.2 | % |
| 7.- Módulo de fineza | 3.08 | |

Agregado grueso :

Piedra Chancada - Desaguadero

- | | | |
|------------------------------------|-------|--------------------|
| 1.- Peso específico de masa | 0.000 | gr/cm ³ |
| 2.- Peso específico de masa S.S.S. | 0.000 | gr/cm ³ |
| 3.- Peso unitario suelto | 1560 | Kg/m ³ |
| 4.- Peso unitario compactado | 1694 | Kg/m ³ |
| 5.- % de absorción | 0.0 | % |
| 6.- Contenido de humedad | 0.3 | % |
| 7.- Tamaño máximo | 1" | Pulg. |
| 8.- Tamaño máximo nominal | 3/4" | Pulg. |

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.8	99.2
Nº 04	6.1	93.1
Nº 08	18.3	74.8
Nº 16	19.7	55.1
Nº 30	20.8	34.3
Nº 50	11.3	23.0
Nº 100	10.2	12.8
Fondo	12.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	43.8	56.2
1/2"	41.3	14.9
3/8"	11.8	3.1
Nº 04	3.0	0.0
Fondo	0.0	0.0

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 290 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido	:	0	Pulgadas
Peso unitario del concreto fresco	:	2290	Kg/m ³
Resistencia promedio a los 7 días	:	155	Kg/cm ²
Porcentaje promedio a los 7 días	:	54	%
Factor cemento por M ³ de concreto	:	9.2	bolsas/m ³
Relación agua cemento de diseño	:	0.530	

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	389	Kg/m ³	Tipo I - Pacasmayo
Agua	206	L	Potable de la zona
Agregado fino	824	Kg/m ³	Arena Gruesa - Desaguadero
Agregado grueso	871	Kg/m ³	Piedra chancada - Desaguadero

Proporción en peso :	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.12	2.24	22.5	Lts/pe ³
Proporción en volumen :					
	1.0	1.85	2.16	22.5	Lts/pe ³

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.

Selección del patrón en pavimento articulado

Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto para escoger el patrón adecuado, para poder trabajarlo como base de información respecto a los pavimentos articulados con concreto reciclado.

	A	B	C	D	E	F	G	H
Resistencia a la compresion (kg/cm2) a los 7 diaz	122.345	131.915	150.13	158.235	163.345	151.805	179.86	174.86
Resistencia a la compresion (kg/cm2) a los 28 diaz	188.17	210.97	256.315	258.66	267.315	258.605	297.805	274.325

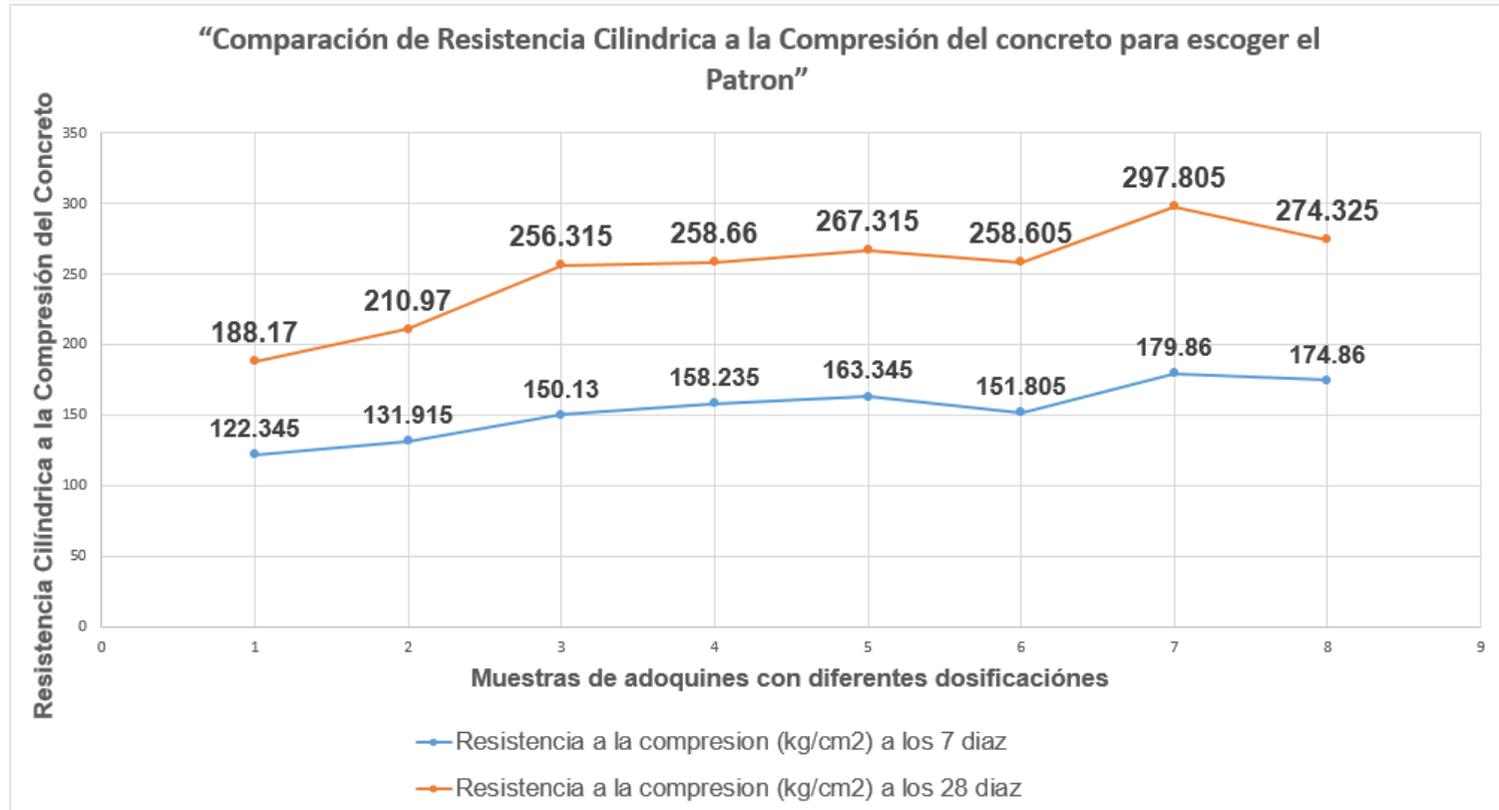


Tabla 22. Ensayo a compresión de los adoquines, para escoger el patrón.

Elaboración: el autor

Selección pavimento articulado con concreto reciclado

Son cuatro elementos de pavimentos articulados con concreto reciclado que logran pasar la resistencia mínima establecida, las cuales se ha ido agregando el concreto reciclado en porcentaje continuo de 5%. Donde el más óptimo es la muestra Md donde se le adiciona 20% de concreto reciclado y presenta una resistencia permisible de 290.6kg/cm².

	Ma	Mb	Mc	Md	Me	Mf	Mg	Mh	Mi	Mj
Resistencia a la compresion (kg/cm ²) a los 7 diaz	176.67	173.945	165.81	162.31	155.06	152.54	150.095	147.485	145.82	140.975
Resistencia a la compresion (kg/cm ²) a los 28 diaz	296.135	294.815	292.955	290.6	288.17	275.545	266.905	248.36	244.655	227.585

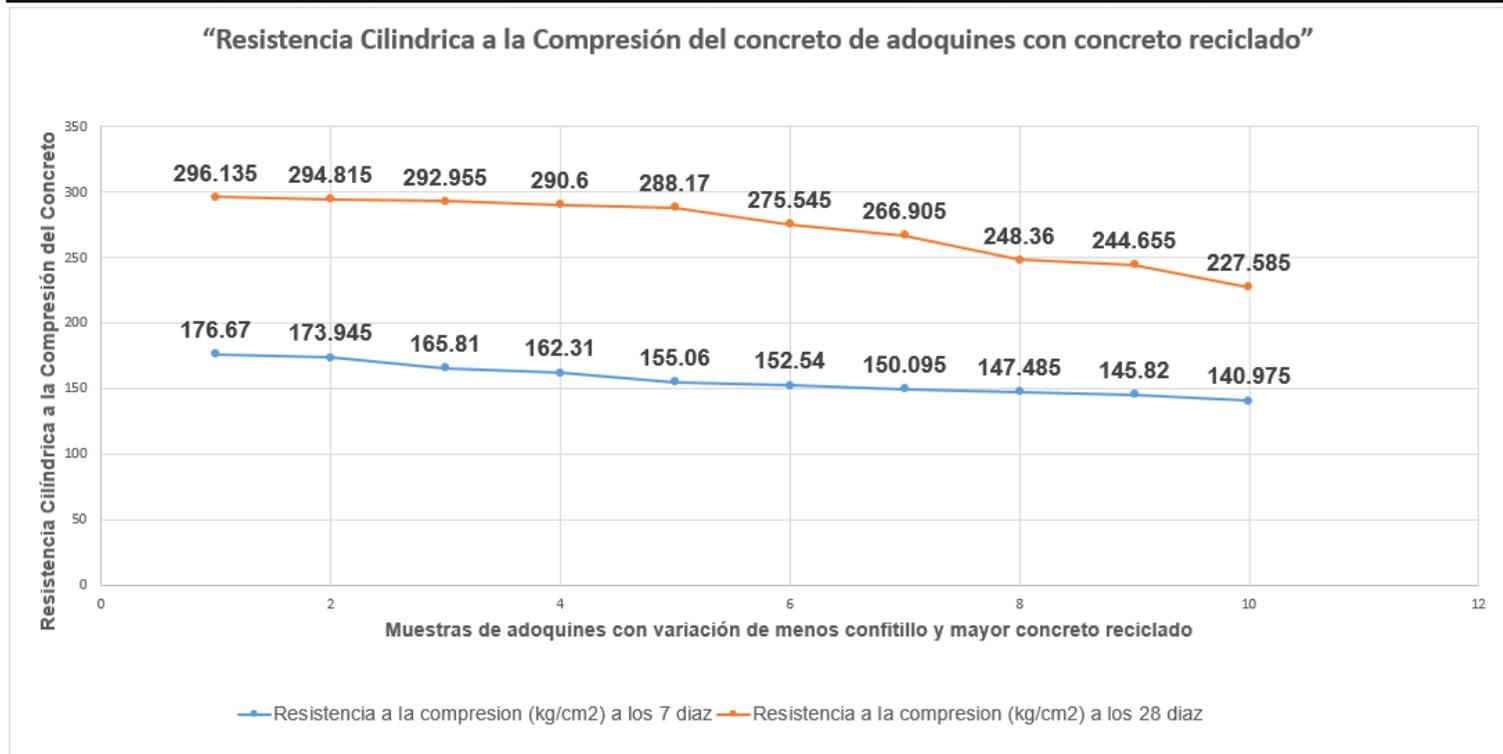


Tabla 23. Ensayo a compresión de los adoquines con concreto reciclado.

Elaboración: el autor

Análisis de costos unitarios por unidades de los pavimentos articulados

Se considera que en el desarrollo de una investigación se necesita y es de gran importancia la parte económica, Durante la realización del proyecto se necesita elevar costos, en la cual se debe realizar a un bajo costo y cumpliendo con lo requerido, para que se pueda continuar con el proyecto.

El análisis de costos que se va a presentar a continuación se notara la diferencia de precios del pavimento de tránsito peatonal convencional (und) y el adoquín de concreto reciclado (und).

Tabla 24. Análisis de costos unitarios por unidades de pavimento articulado de concreto convencional.

Partida	FABRICACION DE ADOQUINES DE CONCRETO CONVENCIONAL				
Rendimiento und/día	MO.1000	Costo unitario directo por: und			
Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
MANO DE OBRA					0.483
OPERARIO	hh	1	0.008	18.51	0.14808
PEON	hh	1	0.024	13.94	0.33456
MATERIALES					0.540
PIEDRA CONFITILLO 3/8"	m ³		0.0005	45	0.023
ARENA GRUESA	m ³		0.0004	40	0.016
AGUA	m ³		0.0003	2.7	0.001
CEMENTO PORTLAND TIPO MS	bols		0.0184	25.2	0.464
ADITIVO	gln		0.0015	25	0.038
EQUIPOS					0.1936
MESA VIBRATORIA DE 2HP	hm	1	0.008	10	0.08
MEZCLADORA	hm	1	0.008	8.5	0.068
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3	1.52	0.0456
Total Costo Directo					1.217

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 25. Análisis de costos unitarios por unidades de pavimento articulado de concreto reciclado.

Partida	FABRICACION DE ADOQUINES DE CONCRETO RECICLADO				
Rendimiento und/dia	MO.1000		Costo unitario directo por: und		
Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
MANO DE OBRA					0.483
OPERARIO	hh	1	0.008	18.51	0.14808
PEON	hh	1	0.024	13.94	0.33456
MATERIALES					0.351
PIEDRA CONFITILLO 3/8"	m ³		0.0004	45	0.018
CONCRETO RECICLADO	m ³		0.0001	0	0.000
ARENA GRUESA	m ³		0.0004	40	0.016
AGUA	m ³		0.000331	2.7	0.001
CEMENTO PORTLAND TIPO V	bols		0.01472	21.5	0.316
EQUIPOS					0.1936
MESA VIBRATORIA DE 2HP	hm	1	0.008	10	0.08
MEZCLADORA	hm	1	0.008	8.5	0.068
HERRAMIENTAS MANUALES	% mo		3	1.52	0.0456
Total Costo Directo					1.028

Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1 Contratación de la hipótesis

En este trabajo de investigación; la misión principal es dar a conocer las mejoras de las propiedades mecánicas y físicas de los pavimentos articulados con concreto reciclado para tránsito peatonal.

Para poder contrastar las siguientes hipótesis se han tomado los valores que se han obtenido en laboratorio, sus propiedades físicas como su peso unitario, trabajabilidad y en sus características mecánicas como el ensayo de $F'c$ de los elementos de los pavimentos articulados. Y finalmente se analizan sus datos obtenidos para que de esa manera compararlos con los pavimentos articulados tradicionales.

Contrastación de la hipótesis H1

Observando la tabla 10 según las diferentes respuestas encontradas del $F'c$ de los pavimentos articulados para tránsito peatonal con concreto reciclado, Por lo cual cumple con la resistencia a la compresión mínima brindada por la NTP. 399.611.

Tabla 26. Discusión de resistencia a la compresión con concreto reciclado y la NTP.399.611.

Porcentaje de concreto reciclado	El ensayo de resistencia a compresión de pavimentos articulados con concreto reciclado se encuentra dentro de los parámetros establecidos de pavimentos articulados para tránsito peatonal.		Discusión de resultados
%	$F'c$	NTP 399.611	Cumple
5%	296.135 kg/cm ²	$F'c=290$ kg/cm ²	
10%	294.815 kg/cm ²		
15%	292.955 kg/cm ²		
20%	290.600 kg/cm ²		

Fuente: Elaboración Propia.

Contrastación de la hipótesis H2

Se estableció los precios y la cantidad que se empleará por cada uno de los diseños por tanda desarrollada, se realiza una comparación del pavimento con concreto reciclado, determinando un costo por unidad de S/1.028 con una producción diaria de 1000 adoquines, a comparación de un concreto convencional el cual mantiene un precio por unidad de S/. 1.217 con una producción diaria de 1000 adoquines. Por lo cual cumple debido que presenta un costo de S/.0.19 por debajo.

Tabla 27. Discusión de Análisis de costos unitarios de pavimento con concreto reciclado y pavimento tradicional.

	El costo de los pavimentos articulados con concreto reciclado es menor que los pavimentos articulados tradicionales.			Discusión de resultados
Descripción	Pavimento con concreto reciclado	Pavimento tradicional	Diferencia	Cumple
Mano de obra	S/0.48	S/0.48	S/0.19	
Materiales	S/0.35	S/0.54		
Equipos	S/0.19	S/0.19		
Total Costo	S/1.03	S/1.22		

Fuente: Elaboración Propia.

Contrastación de la hipótesis H3

En mención a la aplicación de concreto reciclado para la utilización de pavimento articulado, genera una disminución del 15% de contaminación hacia el medio ambiente muy significativo, logrando disminuir en gran parte el volumen total del hormigón que se encontraba en 85%.

Tabla 28. Discusión de Disminución del impacto negativo al medio ambiente.

	La contaminación del medio ambiente disminuye utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado.			Discusión de resultados
Descripción	Demoliciones	Porcentaje	Reutilizar	Cumple
Volumen total de residuos de construcción y demoliciones	M. Comb	1%	0%	
	M. No Comb	1%	0%	
	Madera	13%	0%	
	Volumen total de Hormigón	85%	15%	

Fuente: Elaboración Propia.

CONCLUSIONES

1. El concreto reciclado es eficaz en su diseño, llegando a presentar un máximo de adición de un 20%, presentando un mejor desempeño en sus características para el pavimento articulado de tránsito peatonal.
2. En el ensayo a resistencia a la compresión de pavimentos articulados con un 20% de adición de concreto reciclado logro tener una resistencia de 290.6 kg/cm², cumpliendo la NTP 399.611 que nos dice que para ser pavimento articulado para tránsito peatonal debe presentar una resistencia a la compresión mayor de 290 kg/cm².
3. La comparación del análisis de costo por unidad, el pavimento articulado con concreto reciclado cuesta S/ 0.792, siendo menor al tradicional que está costando S/ 1.217.
4. Es notorio la disminución del impacto ambiental negativo después de haber utilizado concreto reciclado que han sido recolectados de los botaderos de construcción, y también disminuyendo la extracción de los aridos de las canteras.

RECOMENDACIONES

1. Realizar el diseño y elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el tipo II y III que son vías de tránsito para vehículos ligeros y vías de tránsito para vehículos pesados.
2. Realizar ensayos de resistencia compresión y de abrasión a los pavimentos articulados con otro tipo de material reciclado o algún aditivo para el tipo de vías I, II y III que son vías de tránsito peatonal, vehicular ligero y vehicular pesado.
3. Investigar el comportamiento del pavimento articulado utilizando un aditivo plastificante tipo D o cualquier otro aditivo que pueda disminuir la variación de costos.
4. Investigar a más detalle el impacto al medio ambiente que produce la reutilización de concreto y el impacto negativo que es generado al ambiente con la producción de agregados en las canteras.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Cabezas, M. (2014). *Elaboración de un manual de procesos constructivos del adoquinado (Tesis de pregrado)*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Recuperado del sitio web: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7225>

Chaiña, J., & Villanueva, Y. (2017). *Diseño de Concreto Permeable, para Pavimentos Rígidos, utilizando Piedra HUSO 67 y Arena Gruesa de la Cantera La Poderosa, para la Ciudad de Arequipa (Tesis de pregrado)*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María. Recuperado del sitio web: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6038>

Euro Adoquín. (2004). *Manual Técnico para la correcta colocación de los Euro adoquines*. Madrid: MTCE-04. (Manual Técnico) España: Asociación española para la investigación y desarrollo del adoquín de hormigo. Recuperado del sitio web: <https://www.yumpu.com/es/document/read/14583590/manual-tecnico-para-la-correcta-colocacion-euroadoquinorg>

Hidalgo Laguna, D. (2013). *Obtención de Adoquines Fabricados Con Vidrio Reciclado como Agregado. (Tesis de pregrado de ingeniería mecánica)*. Quito: Universidad Politécnica Nacional. Recuperado del sitio web: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6104>

Pérez Ramos, D. (2009). *Estudio experimental de concretos permeables con agregados ande síticos (Tesis de pregrado)*. México D.F: Universidad

Nacional Autónoma de México. Recuperado del sitio web:
https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-experimental-de-concretos-permeables-con-agregados-andesiticos-103037?c=4AnL3V&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Barrante (2015): *Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante por cemento, sobre la resistencia a la compresión y absorción en la fabricación de adoquines de tránsito liviano (Tesis de pregrado)*. Trujillo: Universidad nacional de Trujillo. Recuperado del sitio web:
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2550>

Cieza, D (2015): *Comportamiento mecánico de baldosas de concreto estampado, una nueva alternativa para pavimentos articulados (Tesis de pregrado)*. Cajamarca: Universidad nacional de Cajamarca. Recuperado del sitio web: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/632>

Marquina, R (2018): *Propiedades físico – mecánicas de adoquines elaborados con plástico reciclado para pavimento peatonal en el centro comercial tambo plaza, Lurín – 2017(Tesis de pregrado)*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Recuperado del sitio web: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26903>

Chumbes, F – Huiza, W (2018): *Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica (Tesis de pregrado)*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado del sitio web:
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1800>

Fernández, M (2019): *Análisis de las características físicas-mecánicas del adoquín con polietileno tereftalato reciclado y adoquín convencional tipo I (Tesis de pregrado)*. Universidad Peruana de los Andes. Recuperado del sitio web: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/923>

Martínez, J (2016): *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre un adoquín convencional y adoquines preparados con diferentes fibras: sintética (polipropileno), orgánica (estopa de coco), inorgánica (vidrio) (Tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. Recuperado del sitio web: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24054>

Larraín, J (2016): *Adoquines para pavimentos articulados fabricados con mezclas asfálticas en frío con emulsiones y ceniza fbc (Tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado del sitio web: https://www.conicyt.cl/wp-content/themes/fondef/encuentra_proyectos/PROYECTO/06/I/D06I1016.html

Silvestre, A (2017): *Diseño de mezcla de concreto hidráulico con residuos industriales (limalla) como aditivo para aligerar el peso de elementos estructurales y mejorar su resistencia a la compresión. (Tesis de pregrado)*. Universidad Libre. Colombia. Recuperado del sitio web: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17102/DISE%C3%91O%20DE%20MEZCLA%20DE%20CONCRETO.pdf?sequence=1>

Salguero, V (2018): *Adoquines modificados con fibra de polipropileno para el uso en vías de la ciudad de Quito (Tesis de pregrado)*. Universidad Central de Ecuador. Recuperado del sitio web: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2212>

Caicedo, Sergio y Pérez Julián (2014). *Estudio del uso agregados reciclados de RCD como material para la construcción de elementos prefabricados de concreto, caso de los adoquines. (Tesis de pregrado)*. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. Recuperado del sitio web: <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/3146>

CAPITULO X

ANEXOS



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ANEXO No. 1

RESPONSABLE:	Fernández Salazar Joselito
TESIS:	APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL

Identificación: Peso específico y absorción del agregado grueso
EM 2000, MTC E206 (ASTM C127) – NTP 400.021

I. DATOS

1.- Peso de la muestra secada al horno	1941	(gr)	1941
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca	1957	(gr)	1957
3.- Peso de la muestra saturada en el agua+ peso de la canastilla	2114	(gr)	2114
4.- Peso de la canastilla	1026	(gr)	1026
5.- Peso de la muestra saturada dentro del agua	1088	(gr)	1140

II .- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.376
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.395
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.423
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.82



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No. 2

RESPONSABLE:	Fernández Salazar Joselito
TESIS:	APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL

Identificación: Peso específico y absorción del agregado fino
 Norma ASTM C-128 O NTP.400.022

I. DATOS

1.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco + peso del agua	511 (gr)	511.0
2.- Peso de la arena superficialmente seca + peso del frasco	450 (gr)	355.0
3.- Peso del agua	156 (gr)	156.0
4.- Peso de la arena secada al horno + peso del frasco	(gr)	354.0
5.- Peso del frasco NS 19/26	105 (gr)	105.0
6.- Peso de la arena secada al horno	249 (gr)	249.0
7.- Volumen del frasco	250 (cm ³)	250.0

II .- RESULTADOS

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm ³)	2.649
2.- PESO ESPECIFICO DE MASA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	(gr/cm ³)	2.660
3.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(gr/cm ³)	2.677
4.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	0.40



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No. 4

RESPONSABLE:	Fernández Salazar Joselito
TESIS:	APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL

Identificación: Diseño de mezclas de concreto "ACI 211"

LEMS W&C
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel

ENSAYO : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

REFERENCIA : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Solicitante JOSELITO FERNANDEZ

DISEÑO DE RESISTENCIA

$$F'_c = \boxed{296} \text{ Kg/cm}^2$$

290

I.) Datos del agregado grueso : Piedra Chancada -Desaguadero

01.- Tamaño máximo nominal	3/4" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2376 Kg/m ³
03.- Peso Unitario compactado seco	1694 Kg/m ³
04.- Peso Unitario suelto seco	1560 Kg/m ³
05.- Contenido de humedad	0.3 %
06.- Contenido de absorción	0.4 %

II.) Datos del agregado fino : Arena Gruesa - Desaguadero

07.- Peso específico seco de masa	2649 Kg/m ³
08.- Peso unitario seco suelto	1723 Kg/m ³
09.- Contenido de humedad	0.2 %
10.- Contenido de absorción	0.2 %
11.- Módulo de fineza (adimensional)	3.076

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	F'_{cr}	340 Kg/cm ²
13.- Relación agua cemento	$R^{a/c}$	0.456 0.321
14.- Asentamiento		0 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	199	205 L/m ³
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.0 %
17.- Volumen del agregado grueso		0.522 m ³
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - Pacasmayo		3150 Kg/m ³
19.- Aditivo Sin Aditivo		1.000 %
20.- Densidad aparente del aditivo : Sika 1		1.100 g/cm ³

IDENTIFICACION: INFORME FINAL



Prolongación Bolognesi Km. 3.5
Pimentel - Lambayeque
R.U.C. 20548885974

INFORME

Pag. 01 de 02

Peticionario : JOSELITO FERNANDEZ
Proyecto : Tesis "APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL"

DISEÑO DE MEZCLA FINAL $F'c = 296 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

- 1.- Tipo de cemento : Tipo I - Pacasmayo
2.- Peso específico : 3150 Kg/m³

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - Desaguadero

- 1.- Peso específico de masa 0.000 gr/cm³
2.- Peso específico de masa S.S.S. 0.000 gr/cm³
3.- Peso unitario suelto 1723 Kg/m³
4.- Peso unitario compactado 1943 Kg/m³
5.- % de absorción 0.4 %
6.- Contenido de humedad 0.2 %
7.- Módulo de fineza 3.08

Agregado grueso :

: Piedra Chancada -Desaguadero

- 1.- Peso específico de masa 0.000 gr/cm³
2.- Peso específico de masa S.S.S. 0.000 gr/cm³
3.- Peso unitario suelto 1560 Kg/m³
4.- Peso unitario compactado 1694 Kg/m³
5.- % de absorción 0.8 %
6.- Contenido de humedad 0.3 %
7.- Tamaño máximo 1" Pulg.
8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.8	99.2
Nº 04	6.1	93.1
Nº 08	18.3	74.8
Nº 16	19.7	55.1
Nº 30	20.8	34.3
Nº 50	11.3	23.0
Nº 100	10.2	12.8
Fondo	12.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	43.8	56.2
1/2"	41.3	14.9
3/8"	11.8	3.1
Nº 04	3.0	0.0
Fondo	0.0	0.0

INFORME

Pag. 02 de 02

Peticionario : JOSELITO FERNANDEZ
 Proyecto : Tesis "APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL"

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 0 Pulgadas
 Peso unitario del concreto fresco : 2290 Kg/m³
 Resistencia promedio a los 7 días : 155 Kg/cm²
 Porcentaje promedio a los 7 días : 53 %
 Factor cemento por M³ de concreto : 9.2 bolsas/m³
 Relación agua cemento de diseño : 0.530

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento 389 Kg/m³ : Tipo I - Pacasmayo
 Agua 206 L : Potable de la zona.
 Agregado fino 824 Kg/m³ : Arena Gruesa - Desaguadero
 Agregado grueso 871 Kg/m³ : Piedra Chancada -Desaguadero

Proporción del diseño :

Cemento	Arena	Piedra	Agua	
1.0	2.12	2.24	23	Lts/pe ³

Proporción en volumen :

1.0	1.85	2.16	22.5	Lts/pe ³
-----	------	------	------	---------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No. 5

RESPONSABLE:	Fernández Salazar Joselito
TESIS:	APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL

Identificación: Matriz de consistencia.

USMP FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		<u>Matriz de consistencia</u>					
Título de investigación: APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL							
Elaborado por: Fernández Salazar Joselito							
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES			METODOLOGÍA	
			VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR		
			VARIABLE INDEPENDIENTE				
¿En qué medida el concreto reciclado contribuirá, en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para tránsito peatonal?	Realizar el diseño y elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.	El concreto reciclado es eficaz en el diseño y elaboración de pavimentos articulados para el uso de tránsito peatonal.	Pavimentos articulados con la aplicación de concreto reciclado	Criterios para el diseño de pavimentos articulados	Diseño	DISEÑO	
					Porcentajes - cantidad	Tipo de investigación Explicativo	
					Muestreo de agregados	Nivel de investigación Descriptivo	
					Durabilidad	Diseño de investigación	
					Abrasión del agregado	Experimental	
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	VARIABLE DEPENDIENTE			MUESTRA	
¿Cómo se determinará la resistencia a la compresión de los pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?	Determinar la resistencia a la compresión de los pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.	El ensayo de resistencia a la compresión de pavimentos articulados con concreto reciclado se encuentra en los parámetros establecidos.	Resistencia cilíndrica a la compresión del concreto	Peso unitario	Un molde de 8 adoquines con dimensiones de 8cm x 10cm x 20cm. de los que se realizaron 8 ensayos para obtener el patrón adecuado y 10 para obtener mejores resultados con concreto reciclado presetando una variación de proporciones de 5% de concreto reciclado.		
				Porcentaje de vacíos			
				Contenido de humedad			
				Peso específico			
¿Cómo se determinará el costo de elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?	Determinar el costo de elaboración de pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.	El costo de elaboración de los pavimentos articulados con concreto reciclado es menor que los pavimentos articulados tradicionales.	Diseño y elaboración de pavimentos articulados	Disminución de costos de producción	Granulometría de los agregados.	Chancadora con tres fajas Tamiz Balanza electrónica Horno Mezcladora de 3pie3, con motor de 1/3Hp Mesa vibratoria de motor 220V Prueba a compresión Prueba de diamantina Excel	
					Elaboración de Presupuesto		PROCEDIMIENTO
					Prueba de calidad del concreto		
¿Cómo se determinará el impacto al medio ambiente utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal?	Determinar el impacto al medio ambiente utilizando pavimentos articulados con concreto reciclado para el uso de tránsito peatonal.	El impacto al medio ambiente disminuye elaborando pavimentos articulados con concreto reciclado.	Medio ambiente		Prueba de ejecución		



UNIVERSIDAD SAN MARTIN DE PORRES
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANEXO No. 6

RESPONSABLE:	Fernández Salazar Joselito
TESIS:	APLICACIÓN DE CONCRETO RECICLADO EN EL DISEÑO Y ELABORACIÓN DE PAVIMENTOS ARTICULADOS PARA EL USO DE TRÁNSITO PEATONAL

ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO ARTICULADO							
PARTES	DESCRIPCIÓN						
Adoquines	Los espesores varían de acuerdo al tipo de vía para el cual será diseñado						
Gravilla de asiento y juntas	La capa de arena para la colocación de los adoquines porosos deberá ser gravilla N°8, recomendando un espesor de 3 a 5 cm.						
Capa drenante	<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">Base</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Su alta permeabilidad para disminuir el tiempo de saturación a un mínimo. - La suficiente estabilidad para poder soportar las operaciones de colocación de la carpeta de rodadura. - La suficiente estabilidad para poder resistir y distribuir los esfuerzos que se transmiten por las cargas de tránsito. - Su espesor debe estar en un rango de 10 a 25 cm. - El tamaño nominal a utilizar es de ½ a 1 pulgada </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Sub-Base</td> <td>Esta puede ser opcional lo cual debe estar en un rango de 35 a 45 cm. El tamaño de la piedra a utilizar debe ser una piedra de ¾".</td> </tr> </table>	Base	<ul style="list-style-type: none"> - Su alta permeabilidad para disminuir el tiempo de saturación a un mínimo. - La suficiente estabilidad para poder soportar las operaciones de colocación de la carpeta de rodadura. - La suficiente estabilidad para poder resistir y distribuir los esfuerzos que se transmiten por las cargas de tránsito. - Su espesor debe estar en un rango de 10 a 25 cm. - El tamaño nominal a utilizar es de ½ a 1 pulgada 	Sub-Base	Esta puede ser opcional lo cual debe estar en un rango de 35 a 45 cm. El tamaño de la piedra a utilizar debe ser una piedra de ¾".		
Base	<ul style="list-style-type: none"> - Su alta permeabilidad para disminuir el tiempo de saturación a un mínimo. - La suficiente estabilidad para poder soportar las operaciones de colocación de la carpeta de rodadura. - La suficiente estabilidad para poder resistir y distribuir los esfuerzos que se transmiten por las cargas de tránsito. - Su espesor debe estar en un rango de 10 a 25 cm. - El tamaño nominal a utilizar es de ½ a 1 pulgada 						
Sub-Base	Esta puede ser opcional lo cual debe estar en un rango de 35 a 45 cm. El tamaño de la piedra a utilizar debe ser una piedra de ¾".						
Capa separadora (Geotextil)	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>Generalmente se coloca por debajo de la capa drenante (base) con el fin de que esta impida el ingreso de contaminantes a la Subrasante . -</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Material Granular</td> <td> Cuando la capa separadora sea de un material granular debe contar con ciertas características especiales, las cuales serán mencionadas a continuación: <ul style="list-style-type: none"> - Debe estar constituida por partículas sanas, las cuales presenten un desgaste no mayor al 50%, además no deberán tener una pérdida mayor al 12% en el ensayo de solidez a los sulfatos. - Es necesario que esta sea resistente, de esta manera proporcionará una capa adecuada durante la construcción de la base permeable. </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Geotextil</td> <td> Cuando la capa separadora considera en su composición un geotextil, sus características serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Se encargará de retener la mayoría de las partículas del suelo. - Su permeabilidad debe ser superior a la del suelo subrasante, de manera que el drenaje vertical no se vea impedido por el geotextil. - Su abertura aparente debe ser aproximado de 100 um. </td> </tr> </table>		Generalmente se coloca por debajo de la capa drenante (base) con el fin de que esta impida el ingreso de contaminantes a la Subrasante . -	Material Granular	Cuando la capa separadora sea de un material granular debe contar con ciertas características especiales, las cuales serán mencionadas a continuación: <ul style="list-style-type: none"> - Debe estar constituida por partículas sanas, las cuales presenten un desgaste no mayor al 50%, además no deberán tener una pérdida mayor al 12% en el ensayo de solidez a los sulfatos. - Es necesario que esta sea resistente, de esta manera proporcionará una capa adecuada durante la construcción de la base permeable. 	Geotextil	Cuando la capa separadora considera en su composición un geotextil, sus características serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Se encargará de retener la mayoría de las partículas del suelo. - Su permeabilidad debe ser superior a la del suelo subrasante, de manera que el drenaje vertical no se vea impedido por el geotextil. - Su abertura aparente debe ser aproximado de 100 um.
	Generalmente se coloca por debajo de la capa drenante (base) con el fin de que esta impida el ingreso de contaminantes a la Subrasante . -						
Material Granular	Cuando la capa separadora sea de un material granular debe contar con ciertas características especiales, las cuales serán mencionadas a continuación: <ul style="list-style-type: none"> - Debe estar constituida por partículas sanas, las cuales presenten un desgaste no mayor al 50%, además no deberán tener una pérdida mayor al 12% en el ensayo de solidez a los sulfatos. - Es necesario que esta sea resistente, de esta manera proporcionará una capa adecuada durante la construcción de la base permeable. 						
Geotextil	Cuando la capa separadora considera en su composición un geotextil, sus características serán las siguientes: <ul style="list-style-type: none"> - Se encargará de retener la mayoría de las partículas del suelo. - Su permeabilidad debe ser superior a la del suelo subrasante, de manera que el drenaje vertical no se vea impedido por el geotextil. - Su abertura aparente debe ser aproximado de 100 um. 						
Sub drenes longitudinales	<p>Los subdrenes longitudinales son zanjas paralelas que van en dirección de la vía, donde se coloca materiales permeables y una tubería. Es un sistema muy bueno para un deslizamiento poco profundo y con un NF superficial.</p> <p>Sus características son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que deben tener la capacidad hidráulica para poder conducir toda el agua que reciban de la superficie. - Si se encuentra unido con una base permeable, el material de relleno debe ser el mismo que el de la base para poder obtener una seguridad en su capacidad. - La tubería a utilizar debe ser de concreto, arcilla, metal, etc. - Los tubos se pueden proyectar con juntas abiertas o pueden ser perforaciones que permitan la entrada del agua en su interior. - La pendiente mínima recomendada es de 0.2%, para poder garantizar que agua pueda fluir con una velocidad permisible de 0.75 m/s se recomienda una pendiente de 2% - La tubería de drenaje debe ser de un espesor de 4 pulgadas y debe tener unas perforaciones c/25 cm, los hoyos deben tener un diámetro de 1.5 cm. 						
Geomembrana	<ul style="list-style-type: none"> - Es un material laminar que se obtiene de un proceso continuo de extrusión /soplado. Pueden ser de baja o alta densidad, brindan una mayor resistencia y durabilidad. - Sus características principales son: que tienen baja permeabilidad, flexibilidad, una alta resistencia. - Su aplicación es la de impermeabilizar y contener el agua y evitando así que se filtre a la subrasante. 						
Subrasante	Es la capa que se encarga de soportar la estructura final del pavimento, de acuerdo a ella se diseña el pavimento; además de los materiales y espesores a utilizar en la estructura.						

UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

MASONRY UNITS. Solid concrete interlocking paving units. Requirements

2015-12-11
2ª Edición

R.N°010-2015-INACAL/DN. Publicada el 2015-12-25

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.01

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Unidad, albañilería, adoquin, concreto, pavimento, requisito

© INACAL 2015

4. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

4.1 **acabados arquitectónicos:** Superficies modificadas por medios mecánicos tales como martilleo, pulido, lavado, u otros métodos.

4.2 **adoquin de concreto:** Pieza de concreto simple, de forma nominal, prefabricada, que cumple con la presente NTP.

4.3 **dimensiones de fabricación:** Son aquellas dimensiones adoptadas por el fabricante.

4.4 **dimensiones efectivas:** Son aquellas que se obtienen por medición directa efectuada sobre el adoquín.

4.5 **dimensiones nominales:** Son las dimensiones establecidas en esta NTP para designar el tamaño del adoquín.

4.6 **resistencia a la compresión:** Es la relación entre la carga de rotura a compresión de un adoquín y su sección.

4.7 **resistencia a la compresión nominal:** Es aquel valor de referencia establecido en esta NTP como resistencia a la compresión y utilizado en la designación del adoquín.

5. CLASIFICACIÓN

Los adoquines de concreto elaborados de acuerdo con esta NTP deberán estar conforme a los tres tipos, tal como sigue:

- 5.1 **Tipo I** : Adoquines para pavimentos de uso peatonal.
- 5.2 **Tipo II** : Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular ligero.
- 5.3 **Tipo III** : Adoquines para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y contenedores.

NOTA 1: Para el caso de pavimentos de tránsito vehicular el comprador determinará el tipo de adoquín a utilizar según las especificaciones de la obra o el diseño del proyectista. Véase Anexo A.

6. MATERIALES

Los materiales utilizados en la fabricación de los adoquines deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:

- 6.1 Cementos: NTP 334.009, NTP 334.082 y NTP 334.090 .
- 6.2 Agua de mezcla: NTP 339.088 .
- 6.3 Agregados: NTP 400.037
- 6.4 Aditivos químicos: Cuando se requiera utilizar aditivos éstos deberán cumplir con las siguientes normas técnicas:
- 6.4.1 Aditivos incorporadores de aire: NTP 334.089 .
- 6.4.2 Pigmentos para concreto de color: PNTP 339.231 Especificaciones normalizadas para pigmentos en masa de concreto coloreado.
- 6.4.3 Aditivos químicos en pastas, morteros y hormigón (concreto). Especificaciones: NTP 334.088

© INACAL 2015 - Todos los derechos son reservados

6.5 **Otros constituyentes:** Para los materiales que no estén comprendidos en las Normas técnicas, debe establecerse previamente que son adecuados y no perjudiciales para su utilización en concreto mediante ensayos o por la experiencia de campo.

7. REQUISITOS

7.1 Requisitos físicos

TABLA 1 - Espesor nominal y resistencia a la compresión

Tipo	Espesor nominal (mm)	Resistencia a la compresión, mín. MPa (kg/cm ²)	
		Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I (peatonal) Tipo B,C y D *Todos los tipos	40	31 (320)	28 (290)
	60	31 (320)	28 (290)
II (Vehicular ligero)	60	41 (420)	37 (380)
	80	37 (380)	33 (340)
	100	35 (360)	32 (325)
III (Vehicular pesado, patios industriales o de contenedores)	≥ 80	55 (561)	50 (510)

*Véase Norma TH010 del Reglamento Nacional de Edificaciones

NOTA 2: Los valores establecidos en la Tabla serán considerados como estándar, los valores mostrados entre paréntesis son únicamente para información.

NOTA 3: Cuando se requieran características particulares tales como clasificación del peso, mayor resistencia a la compresión, texturas superficiales, acabado, color, condiciones especiales de exposición (p.e.: sulfatos) u otras características especiales, tales propiedades deben ser especificadas por el comprador.

© INACAL 2015 - Todos los derechos son reservados

TABLA 2 - Tolerancia dimensional

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1,6	± 1,6	± 3,2

*Se aplica a todos los tipos

NOTA 4: Las unidades deben cumplir con las tolerancias dimensionales previas a la aplicación de los acabados arquitectónicos.

7.2 Requisitos complementarios

7.2.1 Los adoquines destinados a pavimentos que puedan estar sujetos a condiciones elevadas de durabilidad, como la agresión por sulfatos o ciclos de hielo y deshielo, deberán cumplir con los requisitos de la Tabla 3 .

TABLA 3 - Absorción

Tipo de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7,5
III	5	7

7.2.2 Los adoquines Tipo III, para pavimentos de tránsito vehicular pesado, patios industriales y de contenedores, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 7.1 , el requisito de resistencia a la abrasión:

7.2.2.1 **Resistencia a la abrasión:** De conformidad con la NTP 399.625 , los especímenes deben tener una pérdida de volumen no mayor de $15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$. La pérdida del espesor promedio no debe exceder los 3 mm . La norma NTP 399.625 se considera como norma de referencia y deberá ser utilizada en los casos de dirimencia.

Las normas sobre métodos de ensayo NTP 399.624 y la ASTM C 944 podrán ser empleadas cuando estén indicadas en las especificaciones de la obra o si existe un acuerdo previo entre el comprador y el vendedor.

7.2.3 Los adoquines que estarán expuestos a períodos de congelación y deshielo, deberán cumplir además de los requisitos indicados en el apartado 7.1 , el requisito de resistencia al congelamiento y deshielo (7.2.3.1).

7.2.3.1 **Resistencia al congelamiento y deshielo:** De ser necesario, se comprobará mediante el comportamiento en el campo o en un ensayo de laboratorio de congelamiento y deshielo, que los adoquines tengan adecuada resistencia al congelamiento y deshielo. Si se utiliza un ensayo de laboratorio, los especímenes no deben romperse ni tener pérdidas en masa seca mayores al 1 % de alguna unidad individual cuando está sometida a 50 ciclos de congelación y deshielo. Este método de ensayo debe ser realizado antes de los 12 meses de la fecha de despacho del lote.

8. MUESTREO Y MÉTODOS DE ENSAYO

8.1 El comprador o representante autorizado debe estar de acuerdo con las instalaciones adecuadas para inspeccionar y muestrear los adoquines de concreto en el lugar de fabricación de los lotes listos para el despacho.

8.2 Las unidades se muestrean y ensayan en conformidad con la NTP 399.604 , con excepción de los ensayos de resistencia a la abrasión, en el apartado 7.2.2 y resistencia al congelamiento y deshielo, en el apartado 7.2.3 .

8.3 El ensayo de compresión deberá ser realizado sobre todo adoquín, aplicando la carga perpendicular a la sección de mayor superficie. Si la máquina de ensayo no tiene la fuerza suficiente para romper la unidad completa, la unidad se debe cortar por la mitad a lo largo del eje más corto y se ensayará una mitad. En las unidades con resaltes, los extremos deben cortarse con sierra y las piezas remanentes de mayores dimensiones deben ser ensayadas. Este espécimen debe ser simétrico alrededor de los dos ejes.

9. INSPECCIÓN VISUAL

9.1 Todas las unidades deben estar en buenas condiciones y libres de defectos que interfieran con su adecuada colocación o que perjudiquen la resistencia o el desempeño del pavimento. Las grietas menores inherentes a los métodos usuales de fabricación o astillamientos menores, resultantes de los métodos habituales de manipulación en el despacho, no deben ser causa de rechazo.

10. CONFORMIDAD

Si la muestra ensayada de un envío falla conforme a los requisitos especificados, se debe permitir que el fabricante separe las unidades de la muestra, y una nueva muestra debe ser seleccionada por el comprador del lote retenido según la NTP 399.604 y ensayada a costa del fabricante. Si la segunda muestra cumple con los requisitos especificados en esta NTP, entonces la porción remanente del envío representado por dicha muestra cumple también con las especificaciones. Si la segunda muestra falla conforme a los requisitos especificados, el lote completo no debe ser aceptado.

11. ANTECEDENTES

11.1	ASTM C 936:2008	Standard specification for solid concrete interlocking paving units
11.2	NTP 399.611:2003	Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos

TABLA 30

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas			
Sub-base	CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado		
Base	CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	N.A.*	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado	
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm	≥ 200 mm	NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm		NR**