PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL



DISERTACIÓN DE GRADO:

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LOS ADOQUINES DE HORMIGÓN ELABORADOS CON ADICIÓN DE FIBRA DE VIDRIO

AUTORES:

CRISTHIAN PAÚL ENCALADA RODRÍGUEZ

PAÚL ESTEBAN CABEZAS CHARVET

QUITO, NOVIEMBRE 2022

DEDICATORIA

Primero quiero empezar agradeciendo a Dios sobre todas las cosas, por guiarme y acompañarme en este proceso tan importante de mi vida. A mi Papá que se esforzó y me apoyo para conseguir este título y enseñarme a ser un hombre trabajador, a mi Mamá quien con mucho cariño me educó y me enseñó a ser hombre de bien, a mi Abueli por cuidarme y acercarme a Dios y a mis hermanas por siempre inspirarme a salir adelante y luchar por conseguir mis metas.

Paul Cabezas Charvet

Quiero dedicar este logro a mis padres, mis hermanos, amigos y amigas que estuvieron junto a mí a lo largo de toda la carrera y hoy ha llegado el día en que he logrado culminar esta meta.

Cristhian Encalada

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la fuerza y sabiduría que me dio para seguir adelante cada día, por bendecirme con una familia que me ama y me apoya en todo momento, agradezco a mi Papá Paúl por esforzarse y darme la oportunidad de ser un profesional y un hombre de bien, a mi Mamá Gabriela por amarme tanto e inspirarme a ser mejor cada día, a mi Abuela Marisela por criarme con tanta dulzura y enseñarme amar a Dios, a mis hermanas Gabriela y Pamela por alegrar mis días y darme su apoyo incondicional en mis retos, a mis amigos del "Team" que me apoyaron y me ayudaron en los momentos más difíciles a lo largo de la carrera, agradezco a mis maestros de la Facultad quienes con su trabajo diario han hecho esto posible, especialmente quiero agradecer al Ing. Wilson Cando por dirigirme y brindarme su conocimiento para culminar mi tesis.

Paul Cabezas Charvet

Agradezco a Dios por haberme bendecido con los padres que tengo, ya que gracias a ellos he logrado llegar a ser la persona que hoy soy, y me han dado la fortaleza para continuar siempre adelante, pese a las difíciles circunstancias que debemos vivir todos en algún momento de nuestras vidas. Agradezco de todo corazón el sacrificio que han hecho mis padres para poder darme los estudios en tan prestigiosa universidad como lo es la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quiero también extender mi agradecimiento a todos los profesores que compartieron sus conocimientos conmigo en el largo camino para obtener mi título universitario, ya que muchas de las veces no solo compartieron conocimientos de las asignaturas, sino también consejos de vida que nos sirven para aplicar en el día a día y más que todo nos ayudan a ser personas con valores y son estos valores los que nos

permitirán desempeñar nuestra profesión de la mejor manera. Agradezco también al Ing. Wilson Cando, quien estuvo junto a nosotros guiándonos y compartiendo sus valiosos conocimientos incondicionalmente.

Cristhian Encalada

ABSTRACT

The current investigation thesis is about the effect of adding fiberglass to the classic paving stone mix in order to increase their performance to the indirect traction and single compression strength

In order to know if aggregates comply with NTE INEN 872 standard we made qualification tests and control tests will be carried out on the cement to see if it complies with the NTE INEN 2380 standard. The pavers will be manufactured with a dosage to reach a resistance of 350 Kg/cm² to compression.

Both, normal pavers and with the addition of fiberglass will be manufactured with the only difference of the amount of fiberglass , in relation to the weight of the cement.

The tests that will be carried out on the pavers will be in compression in accordance with the NTE INEN 1485 standard and for indirect traction in accordance with the NTE INEN 3040 standards.

RESUMEN

La presente tesis de investigación trata sobre el efecto de agregar fibra de vidrio a la mezcla clásica de adoquín para incrementar su desempeño a la tracción indirecta y resistencia a compresión simple.

Para saber si los agregados cumplen con la norma NTE INEN 872 realizamos pruebas de calificación y se realizarán pruebas de control al cemento para ver si cumple con la norma NTE INEN 2380. Los adoquines se fabricarán con una dosificación necesaria para alcanzar una resistencia a la compresión de 350 Kg/cm².

Tanto los adoquines normales como con adición de fibra de vidrio se fabricarán con la única diferencia de la cantidad de fibra de vidrio, en relación al peso del cemento.

Los ensayos que se realizarán a los adoquines serán en compresión de acuerdo con la norma NTE INEN 1485 y para tracción indirecta de acuerdo con la norma NTE INEN 3040.

Contenido

1.1. Tabla de contenido

CAPÍTULO 1 9
INTRODUCCION 9
1.1 Introducción 9
1.2. Objetivos 11
1.2.1 Objetivo general 11
1.2.2 Objetivo específicos 11
1.3. Alcance 12
CAPÍTULO 2 15
MARCO TEORICO 15
2.1 Historia del adoquín 15
2.2 Agregados 15
2.2.1 Agregado Fino 16
2.2.1.1 Granulometría 17
2.2.1.2 Peso Unitario. 18
2.2.1.3 Terrones de Arcilla 19
2.2.1.4 Contenido Orgánico 19
2.2.1.5 Absorción y Humedad 20
2.2.1.6 Material fino que pase el tamiz número 200 20
2.2.2 Agregado Grueso. 21
2.2.2.1 Granulometría 22
2.2.2.2 Peso Unitario 22
2.2.2.3 Terrones de Arcilla 22
2.2.2.4 Abrasión en la máquina de Los Ángeles 23
2.3 Cemento 29
2.3.1 Características físicas y mecánicas del cemento 30
2.4 Agua de mezcla. 32
2.5 Fibra de vidrio 33
2.5.1 Características y propiedades. ..... **¡Error! Marcador no definido.**

2.6 Resultado de ensayos 35
2.6.1 Agregado grueso 35
2.6.2 Agregado fino 39
2.6.3 Cemento ..... **¡Error! Marcador no definido.**
CAPITULO 3 42
DISEÑO DE ADOQUINES 42
3.1 Características de la maquinaria a usar 42
3.2 Dosificación de adoquines 43
3.3 Curado 43
3.4 Metodo de dosificacion de adoquines 45
3.5 Ensayo de compresión 51
3.6 Ensayo de tracción indirecta 52
3.7 Resultados de ensayos de compresión y tracción indirecta 55
CAPÍTULO 4 95
ESTUDIO DE CORRELACIÓN 95
Tabulación de resultados de ensayos 95
CAPITULO 5 ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS 106
5.2 Calculo A.P.U. 109
CAPITULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 111
6.1 Conclusiones 111
6.2 Recomendaciones 113
ANEXOS 116
1.4. Bibliografía 125

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

Actualmente en las poblaciones rurales y urbanas, especialmente en nuevas urbanizaciones, tenemos una alta demanda de adoquín o de adoquinado como carpeta de rodadura, en especial en los sectores rurales donde todavía no existe una infraestructura completa de las vías. Al construir un adoquinado, se tiene la ventaja de que, si se quiere realizar nuevas acometidas de alcantarillado y conexiones de agua potable, nos permite retirar los adoquines, realizar las nuevas obras de infraestructura y colocar posteriormente el adoquín retirado.

Esto ha generado una mayor demanda en el mercado, y paralelamente a ello también se han ido conformando nuevas empresas dedicadas a la fabricación de estos prefabricados, la mayoría de las fábricas no cuentan con personal técnico que garantice el cumplimiento de las especificaciones técnicas y propiedades adecuadas en los adoquines.

Por esta razón en la presente disertación lo que se pretende es ofrecer un nuevo producto, como una alternativa de mejoramiento tanto en calidad como en desempeño, al añadir fibra de vidrio al hormigón usado en la fabricación de adoquines.

Se conoce que la aplicación de fibra de vidrio mejora la resistencia a la tracción y en un pequeño porcentaje la resistencia a la compresión, en nuestro medio no existe mucha información sobre la utilización de este tipo de fibras en hormigones secos; considerando, que el material usado en la fabricación de adoquines es un hormigón seco y vibro-comprimido, se estima que el trabajo a realizar en esta disertación, será de gran aporte técnico al proceso de fabricación de adoquines con la adición de fibra de vidrio.

En caso de que los resultados sean satisfactorios y muestren una mejora en la resistencia a la compresión, así como también en la resistencia a la tracción indirecta, sería de gran aporte a las empresas dedicadas a la fabricación de este producto; y lo más importante es, que, al mejorar estas características en los adoquines, se obtendrá una mayor durabilidad del material. Por otra parte, el estado obtendrá también un beneficio económico a largo plazo, al no tener que realizar el cambio de la capa de rodadura durante un tiempo más prolongado.

En el país existe poca información sobre el hormigón vibro-comprimido y los agregados utilizados para la fabricación de este tipo de concreto. Muchas veces, los áridos no cumplen con la normativa vigente y esto determina que la fabricación de los adoquines de hormigón no sea la más adecuada, lo que genera en varias ocasiones que los adoquines no cumplan con las normas de calidad. En base a lo expuesto, el propósito principal de esta disertación es obtener una alternativa para mejorar las características mecánicas a tracción y compresión de los adoquines de hormigón adicionando fibra de vidrio.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo general

La disertación tiene como objetivo, determinar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines al añadir en su fabricación cierta cantidad de fibra de vidrio

1.2.2 Objetivo específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines fabricados con materiales de San Antonio de Pichincha.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines fabricados con materiales de San Antonio de Pichincha, al añadirle en su fabricación fibra de vidrio.
- Comparar los resultados del ensayo a compresión y tracción indirecta de adoquines fabricados con diferentes porcentajes de fibra de vidrio y adoquines sin fibra de vidrio.
- Comparar los costos de producción de adoquines fabricados de manera tradicional Y adoquines fabricados introduciendo el porcentaje ideal de fibra de vidrio.

1.3. Alcance

Para la elaboración de los adoquines los materiales que se utilizará son: el agregado fino de la concesión minera CO AGREGADOS y el agregado grueso de la concesión minera TERRAZAS DE MANDINGO de la zona de San Antonio de Pichincha, cemento Chimborazo tipo HE, agua potable y fibra de vidrio.

En los agregados se harán ensayos de calificación para establecer si cumple con la norma NTE INEN 872, en el cemento se harán ensayos de control para ver si cumple con la norma NTE INEN 2380. Los adoquines serán fabricados con una dosificación para alcanzar la resistencia de 350 Kg/cm² a compresión. Se fabricarán adoquines normales y con adición de fibra de vidrio en porcentajes de 0.5, 1, 1.5 y 2, con respecto al peso del cemento. Los ensayos que se realizarán en los adoquines, será en compresión de acuerdo con la norma NTE INEN 1485 y para tracción indirecta de acuerdo con la norma NTE INEN 3040.

En las tablas siguientes, se detalla los ensayos que se realizarán tanto en los agregados como en el cemento y los adoquines.

Tabla 1.1

Ensayos para realizarse en agregados y cemento

Agregado grueso	**Agregado fino**	**Cemento**
Granulometria (1)	Granulometria (1)	Tiempo de fraguado (1)
Abrasion maquina de los angeles (1)	Material fino que pasa el tamiz 200 (1)	Finura de Blaine (1)
Material fino que pasa el tamiz 200 (1)	Contenido organico (1)	
Gravedad especifica y %de absorcion (1)		

Tabla 1.2

Número de Muestras y Ensayos

Descripción de la muestra	% Fibra de vidrio	Ensayo	No Adoquines por ensayo	Cantidad de ensayos	Total, Adoquines ensayados
Adoquín hexagonal	0	Compresión	12	3	36
Adoquín hexagonal	0	Tracción Indirecta	8	3	34
Adoquín hexagonal	3	Compresión	12	3	36
Adoquín hexagonal	3	Tracción Indirecta	8	3	24
Adoquín hexagonal	5	Compresión	12	3	36
Adoquín hexagonal	5	Tracción Indirecta	8	3	24
Adoquín hexagonal	6	Compresión	12	3	36
Adoquín hexagonal	6	Tracción Indirecta	8	3	24
Adoquín hexagonal	7	Compresión	12	3	36
Adoquín hexagonal	7	Tracción Indirecta	8	3	24

Nota: Esta tabla representa el total de adoquines a fabricar y ensayar, son 300 unidades.

Con los resultados obtenidos en los ensayos se procederá a la evaluación y elaboración de las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del adoquín

La historia del adoquín está permanentemente ligada a la evolución de las vías urbanas, en la época medieval las calles servían tanto para permitir el acceso de peatones, coches o animales e incluso como lugar de vertido de aguas residuales, lo que obligaba a utilizar vías de fácil absorción. y drenaje.

Fue en Holanda y Alemania donde comenzó a utilizarse durante la primera mitad del siglo XX y donde se inició la investigación sobre diferentes modelos y formas de colocación, limitándose inicialmente sólo a imitar suelos de piedra con las consiguientes limitaciones estéticas.

Posteriormente, con la mejora del proceso de fabricación, se empezaron a introducir formas dentadas o curvas donde la tolerancia dimensional ya era muy pequeña. Esto permitió que las cuadrillas de colocación no fueran tan especializadas y que los adoquines se adaptaran mejor a cualquier alineación. La evolución de esta técnica se produjo en la década de 1970, provocando la aparición de nuevos sistemas de elaboración, modelos de adoquines y, principalmente, la reducción de costes de fabricación y colocación.

2.2 Agregados

Se conoce con el nombre de agregado a los materiales inertes naturales o artificiales que aglomerados como un ligante constituyen el hormigón o los morteros.

En hormigones secos los agregados constituyen el mayor porcentaje de la mezcla oscilando entre un 80 a 90% en peso total de materiales, el término agregado comprende Arenas gravas naturales y piedra triturada.

Las características importantes de los agregados son:

a) Limpieza: se consideran limpios cuando no contiene de excesos de tierra arcilla, limo u otras sustancias orgánicas que pueden encontrarse como: polvo fino suelto o recubriendo los agregados.

b) Durabilidad: los materiales utilizados como áridos deben ser suficientemente estables en su forma por cambios de temperatura y humedad, resistiendo a la acción de los agentes atmosféricos sin descomponerse a través de un lapso prudente de tiempo.

C) Resistencia: el árido debe tener una resistencia adecuada de modo que sea capaz de desarrollar toda la capacidad de esfuerzos propia del aglomerante

d) Tamaño y forma: el mejor acomodo de las partículas directamente depende del tamaño y forma de estas

2.2.1 Agregado Fino

Granulométrica mente se considera como agregado fino al material que pasa por el tamiz #4 o el comprendido entre 0.15 y 5 mm.

La arena de río que salvo excepciones contiene cuarzo puro, es la mejor por su resistencia y durabilidad punto seguido las arenas de minas las cuales suelen tener arcilla o limo en exceso por lo que es generalmente preciso lavarla para mejorar la calidad del agregado.

Las Arenas de machaqueo son las que provienen del proceso de trituración de granitos basaltos andesitas y rocas análoga, son también excelentes con tal que se trate de rocas sanas que no acusen un principio de descomposición.

Dentro de los agregados finos tenemos los polvos, ya sean estos naturales como artificiales; son materiales con características similares a las arenas, pero con menor granulometría.

Dentro de las condiciones generales que se deben reunir una buena arena tenemos:

a) Limpia de materias arcillosas terreras y Orgánica.

b) Interesa que logramos cualquiera que sea el tamaño no tenga un grueso uniforme con lo cual se evitan los huecos y por lo tanto disminuye el índice de los vacíos.

c) Son preferibles las Arenas de angulares alas redondeadas, porque se asientan mejor, aunque debe tenerse en cuenta que las narinas angulosas presentan más huecos que las redondas.

2.2.1.1 Granulometría

Se conoce con este nombre a la distribución por tamaño de las partículas de un árido

Se expresa, generalmente indicando el tamaño por ciento de una mezcla dada, reteniendo en cada uno de los tamices de una serie determinada.

En la presente investigación se ha trabajado con un solo material, es decir sin mezclar áridos finos y gruesos, ya que el material escogido, posee una granulometría establecida en las normas de referencia utilizadas.

Módulo de finura: es un índice que le indica el grado de finura de los áridos. el módulo de finura no es sede granulometría ya que un ya que en un número infinito de tamizados se

obtiene el mismo valor del módulo de finura. a pesar de esto da la idea de una medida relativa del grosor o finura del material.

El módulo de finura disminuye a medida que lo hace el tamaño del árido.

De acuerdo con la norma INEN 8721 el árido fino debe tener un módulo de control comprendido entre 2.3 y 3.1, lo anterior para agregados de utilizados en hormigones normales.

2.2.1.2 Peso Unitario.

Se define como masa unitaria de los agregados a la masa por unidad de volumen, entendiéndose el concepto como la relación existente entre la masa del árido y el volumen que este ocupa. El volumen que ocupa el material dependerá principalmente de la forma y grado de compactación, forma de las partículas, porcentaje de humedad existente en el agregado y de la compacidad. Como los parámetros anteriores indicados son variables, significa que habrá diferentes valores de peso unitario para un mismo material.

Además, en función de la variabilidad de los parámetros anteriores, se altera también el porcentaje de vacíos, entendiéndose como tal a los espacios que se forman entre las partículas de los agregados.

Este parámetro tiene significativa importancia realizar el proporciona miento al volumen de las mezclas de hormigón.

Esta característica dependerá de varios factores, siendo el más importante la humedad que contiene el material en el momento de realizar la dosificación, ya que, dependiendo del grado de humedad, el agregado puede sufrir importantes cambios de volumen, este fenómeno es

más notorio cuando más fina es la arena. por lo anteriormente expuesto no se puede considerar un peso unitario constante

2.2.1.3 Terrones de Arcilla

Los terrones de arcilla al entrar en contacto con el agua se reblandecen transformándose en arcilla en polvo, que debido a sus características adhesivas recubren a los agregados impidiendo una perfecta adherencia entre pasta y harina. generalmente con el árido fino es la extraído directamente de la mina, este posee un alto contenido de arcilla.

Según la norma INEN 872 el porcentaje máximo especificado en terrones de arcilla es del 3 por ciento del peso unitario

2.2.1.4 Contenido Orgánico

Cuando el agregado fino tiene un alto contenido de material orgánico produce graves alteraciones en el proceso de fraguado y endurecimiento del hormigón o del mortero. Esto se debe a que la materia orgánica muestra una interacción con la cal liberada del cemento.

Ha sido sometido al ensayo para determinar las impurezas orgánicas según la norma INEN 855 (método colorimétrico) y que produzco un color más oscuro que el color patrón debe ser rechazado.

Un árido fino que fue rechazado por no cumplir la norma antes de indicada, podrá ser utilizado siempre y cuando la decoloración se debe principalmente a un pequeño contenido de carbón, lignito o partículas similares discretas.

2.2.1.5 Absorción y Humedad

Se define como absorción al porcentaje de agua respecto a su masa seca, que un árido es capaz de asimilar para llegar a un estado de saturado con superficie seca. Este parámetro básicamente depende de la porosidad y la estructura de los áridos.

La humedad se define como la diferencia entre la masa natural y la masa seca del árido, expresada como un porcentaje de su masa seca.

Se trata simultáneamente tanto la absorción como la humedad natural de los áridos, porque de éstos depende la cantidad de agua que deberá ser adicionada a la mezcla de hormigón. si la humedad es menor que la absorción habrá que añadirse agua al árido para saturarlo con superficie seca, en caso contrario el árido estará aportando agua a la mezcla.

El método establecido para determinar la absorción no es aplicable para el material utilizado en esta investigación por tratarse de un polvo de piedra por lo que se utilizó un método alternativo desarrollado en el laboratorio de materiales PUCE, que arroja resultados más confiables.

2.2.1.6 Material fino que pase el tamiz número 200

Otro problema importante nos da heridos es el constituido por los finos. las fracciones de tamaño inferior a 0.8 mm, y especialmente las que tienen finura comparable a la del cemento, son perniciosas para el hormigón sobre todo si la proporción en que intervienen es de excesiva. Esto es debido a varias causas entre las que cabe destacar las siguientes:

a. Los gránulos se interponen entre los del cemento creando discontinuidades en la pasta hidratada y por lo tanto debilitando la resistencia.

b. Las fracciones finas perjudican la buena adherencia entre la pasta cementante y los áridos gruesos.
c. Dada la gran superficie específica de estos finos requieren mucha agua para su mojado, agua que restan al cemento provocando una hidratación incompleta del mismo y por lo tanto debilitando el hormigón.
d. La mayor cantidad de agua que precisan los hormigones con finos da lugar a efectos patológicos debido a la mayor retracción y porosidad de estos hormigones que puede acelerar la destrucción de estos si el ambiente es agresivo.
e. Exigen más agua para la misma consistencia, con lo cual la relación agua cemento tiene aumentar a fin de conseguir la misma docilidad, disminuyendo, por el exceso de agua, las resistencias mecánicas.

2.2.2 Agregado Grueso.

Puede ser grabada natural o piedra triturada, pon una mezcla de grava natural y piedra triturada, su tamaño varía de 75 a 4.75 mm.

Como regla general puede decirse que con la grava de machaqueo se puede obtener hormigones más resistentes a la abrasión y a la tracción que con los áridos rodados.

Para precisar la calidad del agregado grueso, lo hacemos mediante ensayos de laboratorio, julio resultados serán comparados con la norma INEN 872, la misma que si bien es para hormigones plásticos ayudará a tener un mejor criterio en el momento de evaluar los resultados.

2.2.2.1 Granulometría

Este parámetro es importante para obtener un buen hormigón, con una buena granulometría del agregado grueso se puede lograr un adecuado acomodo de las partículas durante la vibración de la mezcla y por lo tanto un hormigón resistente con menor pasta cementante, de manera que se torna en un hormigón más económico.

Por no existir normas específicas de granulometría para la fabricación de delfines en nuestro país, se sugieren normas extranjeras que podrían ser adoptadas para nuestro medio, las cuales se muestran más adelante.

2.2.2.2 Peso Unitario

Cómo anteriormente se explicó la masa unitaria no es constante, ya que depende de ciertas características tales como porcentaje de humedad, forma de las partículas, granulometría, compacidad y compactación. En el agregado grueso no existe mayor incidencia por parte del porcentaje de humedad, ya que se considera que no existe mayor variabilidad en el volumen, por tratarse de partículas grandes y pesadas.

No existe norma INEN referente al peso unitario, y a que este no es parámetro de calidad del material, sino más bien sirve para efectuar los cálculos antes mencionados.

2.2.2.3 Terrones de Arcilla

El exceso de arcilla en los agregados puede causar diferentes problemas en el hormigón entre los que cabe destacar lo siguiente:

a) La masa del hormigón endurecido presenta sectores débiles, los mismos que disminuyen el área resistente del elemento.

b) La presencia de terrores del siglo en el agregado grueso causa fisuras, debido a la retracción por secado, lo que repercute en la resistencia del elemento.
c) En el caso de hormigones secos los cuales tienen menor cantidad de pasta que los hormigones plásticos, la presencia de arcilla es más crítica por cuanto retendría el agua destinada a la hidratación del cemento.

Un material con elevado porcentaje de terrones del siglo podrá ser utilizado previo un lavado a presión y un tamizado.

La norma INEN 872 establece los siguientes porcentajes máximos en peso de terrones de arcilla:

a. 5% para hormigón sometido a abrasión
b. 10% para cualquier otro hormigón

2.2.2.4 Abrasión en la máquina de Los Ángeles

Este es un ensayo de resistencia a la oración en el agregado grueso para hormigones que debes resistir fuerzas destructivas de impacto y rozamiento.

El porcentaje de abrasión nos da una idea cabal de la calidad del material en cuanto a la resistencia se refiere. Un material con bajo porcentaje de abrasión indica que se trata de un material duro, el mismo que dará lugar a un hormigón capaz de soportar solicitaciones de resistencia e inclemencias del tiempo., caso contrario un material con alto porcentaje de abrasión, es un material que se disgrega fácilmente y que por lo tanto producirá un hormigón de baja resistencia.

De acuerdo con la norma INEN 872, un material debe tener un 50% máximo de desgaste para ser utilizado tanto en hormigones sometidos a abrasión como para cualquier otro tipo.

De acuerdo con estudios anteriores se sugiere que porcentaje máximo de abrasión sea inferior al 45%.

2.2.3 Especificaciones de Agregados para adoquines de Hormigón

Los áridos empleados en la fabricación de adoquines deben cumplir con las siguientes propiedades físicas:

a) Ser homogéneos, compactos y de grano uniforme.

b) No deben alterarse por los agentes atmosféricos (humedad, agua, hielo, etcétera), teniendo una pérdida de resistencia a la compresión menor del 10%

c) Ser duros y carecer de grietas, nódulos como restos orgánicos, etcétera, lo que se aprecia fácilmente por el sonido claro al golpearlo con un martillo.

d) Ser resistentes a las cargas que hay en de soportar, superior a 500 kg sobre cm al cuadrado las eruptivas y 250 kg sobre centímetro cuadrado las sedimentarias y metamórficas.

e) Ser resistentes al desgaste.

f) No ser absorbentes o permeables en proporción mayor de 4.5% de su volumen

Los materiales más usados son: las rocas duras de origen ígneo, eruptivas o de fusión, entre las cuales podemos citar el granito, la sienita, la diorita, el gabro, el cuarzo, etc.

Las arenas de procedencia caliza son de calidad muy variables siempre resultan más absorbentes y requieren más cantidad de agua de amasado que las silíceas, su resistencia al desgaste es baja, por lo que los hormigones sometidos a este efecto deben confeccionarse con arena silícea. Al menos en un porcentaje no mayor al 30% de la totalidad de la arena.

Por otra parte, desde el punto de vista de durabilidad en medios agresivos, deben preferirse a los áridos de tipo silíceo y los que provienen de machaqueo de rocas volcánicas o de calizas sólidas y densas. Las rocas sedimentarias en general y las volcánicas sueltas deben ser objeto de análisis previo; es decir no deben emplearse áridos que provengan de calizas blandas, yesos o rocas porosas.

Las Arenas que intervienen en las mezclas de morteros y hormigones deben provenir de piedras duras, de formas recortadas, de aristas vivas, que no sean Arenas redondeadas o pulidas ya que se necesita una gran adherencia de los materiales entre sí, estas Arenas o ripios deben ser limpias especialmente de arcilla, materiales orgánicos, compuestos químicos, etc.

Cuando se utiliza un porcentaje mayor de arena gruesa obtenemos un mortero más resistente, pero de menor impermeabilidad y si utilizamos un menor porcentaje de arena gruesa obtenemos un material de mayor impermeabilidad, pero de menor resistencia.

Nunca podrán obtenerse buenos hormigones con áridos frágiles o quebradizas.

A manera de ejemplo, se presenta especificaciones granulométricas para adopciones recomendadas por la norma chilena, colombiana y anteriores investigaciones realizadas en Facultad de ingeniería PUCE, las cuales se toma como referencia para la presente investigación

Tabla 2.1

Granulometría norma del instituto chileno del cemento y hormigón

Módulo de finura = 4.2-3.19

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
9.50	100
4.75	50-90
2.36	40-65
1.18	32-50
0.60	24-37
0.30	16-25
0.15	8-14

Tomado de *Burbano & Jimenez* , (p. 17).

Tabla 2.2

Granulometría norma del instituto colombiano de productos de cemento

Módulo de finura = 4.29

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
9.50	100
4.75	60
2.36	40
1.18	35
0.60	25
0.30	8
0.15	3

Burbano & Jimenez, tesis cabezas encalada, (p. 18).

Tabla 2.3

Granulometría norma compañía besser

Módulo de finura = 4.25- 3.00

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
9.50	100
4.75	65-90
2.36	50-75
1.18	35-60
0.60	20-40
0.30	5-25
0.15	0-10

Burbano & Jimenez, tesis cabezas encalada, (p. 18).

Tabla 2.4

Granulometría investigaciones anteriores PUCE para tamaños entre 19 y 0.15 mm

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
19.00	100
12.70	97-100
9.50	93-98
4.75	80-94
2.36	50-78
1.18	25-55
0.60	15-25
0.30	7-16
0.15	2-12

Burbano & Jimenez , tesis cabezas encalada, (p. 19)

Tabla 2.5

Granulometría investigaciones anteriores PUCE para tamaños entre 12.7 y 0.15 mm

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
12.70	100
9.50	96-100
4.75	85-95
2.36	68-84
1.18	40-70
0.60	22-42
0.30	10-25
0.15	6-15

Burbano & Jimenez, Tesis cabezas encalada, (p. 19)

Tabla 2.6

Granulometría investigaciones anteriores PUCE para tamaños entre 9.51 y 0.15 mm

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
9.50	100
4.75	90-85
2.36	68-85
1.18	45-68
0.60	23-42
0.30	12-24
0.15	6-12

Burbano & Jimenez, tesis cabezas encalada, (p. 20)

Tabla 2.7

Granulometría investigaciones anteriores PUCE para tamaños entre 4.75 y 0.15 mm

TAMIZ (mm)	PORCENTAJE QUE PASA
4.75	100
2.36	85-97
1.18	50-83
0.60	25-50
0.30	13-26
0.15	7-14

Burbano & Jimenez, tesis cabezas encalada, (p. 20)

2.3 Cemento

Los Cementos son conglomerantes hidráulicos que tienen la propiedad de que al amasar los ponga agua fragua y endurecen sumergidos en este líquido y son prácticamente estables en contacto con él.

Se define como Cementos Portland a un producto artificial que resultante de calcinar hasta un principio de fusión mezclas rigurosamente homogéneas de caliza y arcilla u otros materiales obteniéndose un cuerpo llamado Clinker, constituido por sindicatos y aluminatos anhidro, el cual hay que pulverizar junto con yeso, en proporción menor al 3%, para retrasar su fraguado.

Para la presente investigación se ha escogido el cemento Portland tipo I por tratarse de un segmento de uso general.

Este cemento es del producto de la molienda del Clinker Portland y materiales potencialmente activos. considerando como materiales de activos al sindicato aluminoso, puzolanas naturales tanto de origen volcánico como orgánico y puzolanas artificiales. el material potencialmente activo no debe exceder de un 20% en masa del cemento Portland especial, y en ningún caso producirán efectos nocivos y así sea en el hormigón o la armadura.

El cemento Portland tipo IE posee similares de elementos químicos que las puzolanas como son: sílice, alúmina, óxido de hierro, óxido de calcio, óxido de magnesio, álcalis; teniendo como diferencia principal que las puzolanas carecen de óxido cálcico, por lo que éstas no tienen características hidráulicas cementantes

2.3.1 Características físicas y mecánicas del cemento

Las características físicas y mecánicas más importantes son:

a. Consistencia normal.

   Es la cantidad de agua necesaria para que se produzca una perfecta hidratación del cemento, hasta llegar al estado plástico.

   Esta determinación sirve como base para obtener posteriormente los tiempos de fraguado inicial y final del cemento.

b. Fraguado.

   Es un proceso químico en el cual la pasta de cemento pasa del Estado plástico al sólido debido a reacciones de exotérmicas producidas en la mezcla.

   El fraguado tiene relación íntima con las variaciones de temperatura que se efectúan en la pasta: el fraguado inicial corresponde al tiempo en el que se efectúan rápido de aumentos de temperatura y en la práctica da una idea del tiempo que se dispone desde

el amasado hasta la colocación y vibrado del hormigón en obra. el fraguado final corresponde al tiempo en el que la temperatura alcanza su máximo grado, lapso en el cual se deberá proceder al curado del hormigón, evitando de esta forma los debilitamientos debido al excesivo desprendimiento de calor.

c. Densidad relativa.

   Es la gran utilidad cuando se desea obtener dosificaciones del peso por métodos basados en el volumen absoluto de sus componentes. La densidad relativa está ubicada entre 3.12 y 3.25.

   La norma INEN 1548 no tiene especificación alguna con respecto a la gravedad específica de Cementos Portland tipo IE

d. Finura Blaine.

   No tiene aplicación práctica en obra, pero es importante para tener una mezcla de hormigón como una buena composición. Los granos de cemento se hidratan tan sólo en una profundidad de 0.01 mm. Por lo tanto, todo grano mayor de 0.02 mm. contendrá en su interior un núcleo inerte que creará el mismo efecto que si fuera arena.

   Entonces mientras más pequeños sean los granos de cemento ofrecerán mayor superficie libre a los áridos y al agua.

e. Mortero.

   La calidad de un segmento se la calidad de un cemento se aprecia por las resistencias que es capaz de desarrollar una vez fraguado y endurecido. se debe a la cohesión de los granos de cemento y a la adherencia a los elementos que se agreguen: arena, grava, etcétera

A continuación, se exponen los requerimientos físicos de la normativa 1548 para Cementos Portland tipo IE

Tiempo de fraguado método vicat

inicial 45 minutos mínimo

final 420 minutos máximo

resistencia a la compresión:

a los 3 días 112.13 kg sobre centímetro cuadrado Mínimo

a los 7 días 183.49 kg sobre centímetro cuadrado Mínimo

a los 28 días 246.69 kg sobre centímetro cuadrado Mínimo

Expansión en autoclave 0.5% máximo

Contracción en autoclave 0.2% máximo

Contenido de aire en mortero 12% máximo en volumen

2.4 Agua de mezcla.

La calidad del agua es muy importante en función de que esta participa en las reacciones de hidratación del cemento y trabajo habilidad de los amigos para su colocación en obra.

Para el amasado lo único que pueden utilizarse las aguas sancionadas como aceptables por la práctica

Aun cuando las condiciones de potabilidad de un agua no son necesaria ni suficiente, puede en principio, aceptarse el agua potable para confección de hormigones. Por otra parte, deben

rechazarse todas aguas cuyo pH sea inferior a 5, así como aquellas cuyo contenido de sulfatos, rebase los 0.03 g/l

Deben rechazarse las aguas en las que se aprecia la presencia de hidratos de carbono, en cualquier cantidad y las que contienen aceites y grasas, de cualquier origen y cantidad igual o superior a 15 g/l.

El agua de mar puede emplearse para el amasado de hormigones corrientes que no vayan armados. Las aguas de mar pueden emplearse para el amasado de hormigones en masa, si bien, hay que contar con el efecto negativo sobre las resistencias, ejercido por el empleo de estas aguas, que pueden llegar a ser del 15% aproximadamente. La utilización de aguas de mar en este tipo de hormigones puede producir manchas y eflorescencias tenga superficies vistas del hormigón.

2.5 Fibra de vidrio

La industria de la construcción desde sus inicios se ha visto en la obligación de explorar diversos materiales que otorguen al hormigón mejores características tales como durabilidad, resistencia, aumentar su vida útil, reducir costos, etc.

En este sentido, es posible desarrollar nuevas soluciones ingenieriles mediante el uso de hormigón reforzado con fibras. La fibra de vidrio es una de las fibras más utilizadas para mejorar dichas propiedades, debido a la gran variedad de ventajas que presenta.

En primer lugar, es un material liviano, con una densidad entre 2 y 3 g/cm^3, generando un material que brinda enormes ventajas desde el punto de vista de económico y de transporte de este.

En segundo lugar, sus propiedades mecánicas presentan una buena estabilidad dimensional, siendo resistente a las variaciones de temperatura y humedad, junto con un bajo coeficiente de dilatación. Presenta un módulo elástico muy superior al de la mayoría de las fibras orgánicas, como las de polipropileno y sin embargo menor que el del acero. Por eso al ser incorporada a la matriz de hormigón, produce un compuesto con muy alta resistencia.

Con respecto a sus propiedades eléctricas, constituye un material con baja conductividad eléctrica, razón por la cual se utiliza en estaciones de distribución y transporte de eléctrico con una alta rentabilidad por cuanto permite al eliminar total o parcialmente la necesidad de utilizar aisladores. Lo anterior puede ser importante en la protección de armaduras a la corrosión.

En cuanto a sus propiedades químicas posee un excelente comportamiento frente a la corrosión, lo cual genera una gran ventaja al exponer la fibra a condiciones ambientales agresivas, como en zonas de influencia marítima.

Finalmente, existe una gran disponibilidad de esta fibra y sus materias primas son de bajo costo.

C. J. Muñoz, «Comportamiento Mecánico del Hormigón Reforzado con Fibra de Vidrio,» Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2007.

2.6 Resultado de ensayos

2.6.1 Agregado grueso

Granulometría.

La norma INEN 872 en su tabla número 2 nos indica los requisitos de gradación para áridos gruesos

VER ANEXO 1

Tabla 2.8

Granulometría por mallas del agregado grueso

GRANULOMETRÍA POR MALLAS DEL AGREGADO GRUESO					
MALLA No.	ABERTURA	MASA	MASA	PORCENTAJE	PORCENTAJE
		RETENIDA	RETENIDA	RETENIDO	QUE PASA
	(mm)	PARCIAL	ACUMULADA	(%)	(%)
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.00	100.00
1"	25.40	0.0	0.0	0.00	100.00
3/4"	19.00	2720.0	2720.0	18.40	81.60
1/2"	12.70	7390.0	10110.0	68.40	31.60
3/8"	9.51	2420.0	12530.0	84.78	15.22
4	4.76	2215.0	14745.0	99.76	0.24
P A S A No 4		35.0	35.0		

SUMA:		14780.0	14780.0	MF=	7.03
TAMAÑO MÁXIMO		**1"**	ESPECIFICACIONES INEN 872		

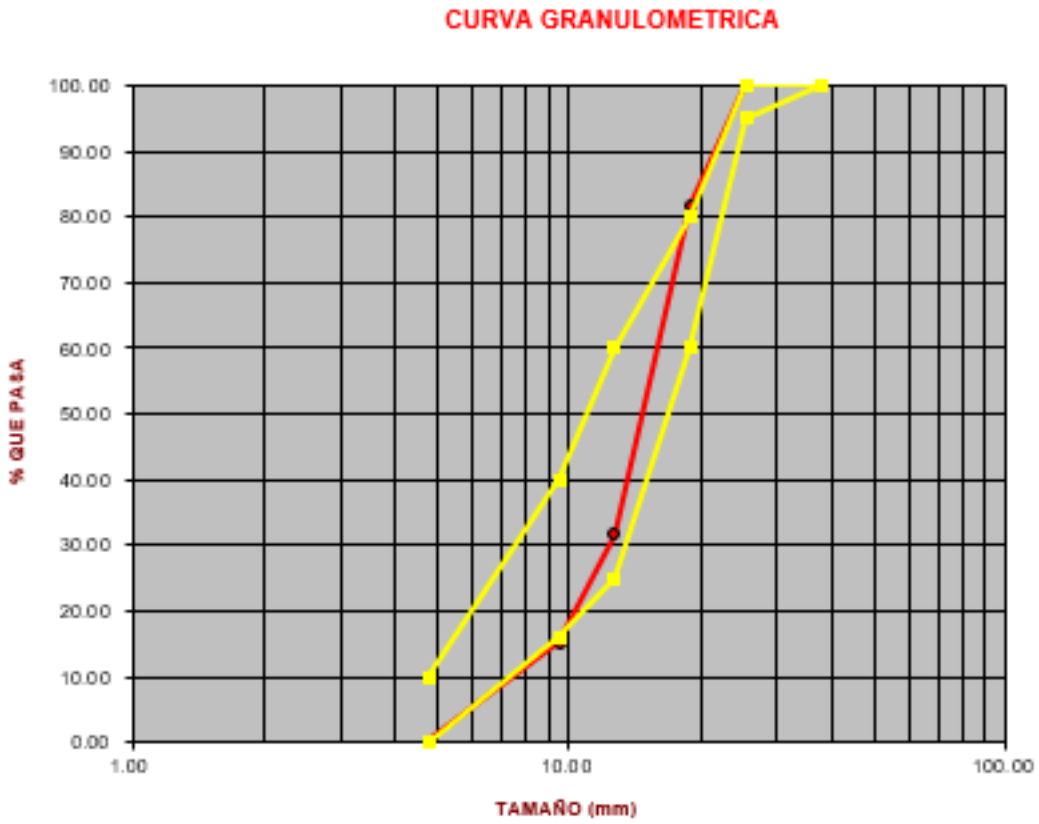
Tabla 2.9

Resultado de muestra de laboratorio de granulometría por mallas del agregado grueso

ESPECIFICACIONES		**TAMIZ**
% min.	**% máx.**	
100.0	100.0	1 1/2"
95.0	100.0	1"
60.0	80.0	3/4"
25.0	60.0	1/2"
16.0	40.0	3/8"
0.0	10.0	4

Figura 2.1

Curva granulométrica de la tabla 2.9



MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B =	3591.00	gr
MASA DE LA MUESTRA SECA	A =	3486.20	gr
.			
MASA DE LA MUESTRA SUMERGIDA	C =	2164.00	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA BULK	Ge=	2.443	
GRAVEDAD ESPECIFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.516	
GRAVEDAD ESPECIFICA APARENTE	Gea=	2.637	

PORCENTAJE DE ABSORCIÓN Ab= 3.01 %

2.6.2 Agregado fino

Granulometría.

La norma técnica nos señala que el árido fino, excepto por lo establecido en los numerales 5.1.2.2 y 5.1.2.3 de la misma, debe tener los siguientes limites:

Figura 2.2

Porcentaje de agregado por el que debe pasar

TAMIZ (NTE INEN 154)	PORCENTAJE QUE PASA
9.5 mm	100
4.75 mm	95 a 100
2.36 mm	80 a 100
1.18 mm	50 a 85
600µm	25 a 60
300µm	5 a 30
150µm	0 a 10

Tabla 2.10

Granulometría por mallas del agregado

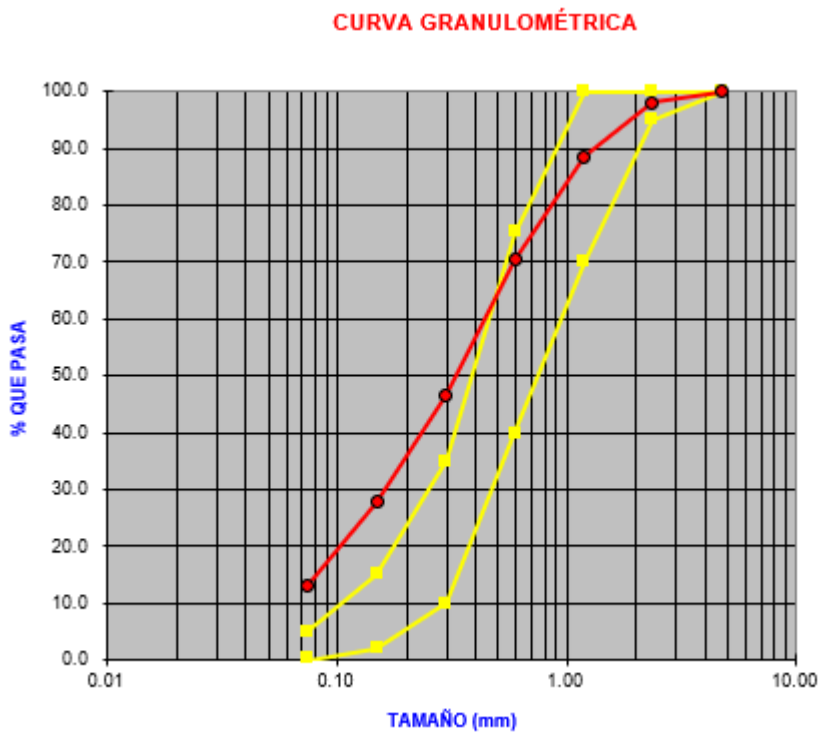
MALLA No.	ABERTURA (mm)	MASA RETENIDA PARCIAL	MASA RETENIDA ACUMULADA	PORCENTAJE RETENIDO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)
No.4	4.76	0.1	0.1	0.0	100.0
No.8	2.36	11.8	11.9	2.0	98.0
No.16	1.19	57.6	69.5	11.5	88.5
No.30	0.60	109.8	179.3	29.5	70.5
No.50	0.30	144.5	323.7	53.3	46.7
No.100	0.149	114.7	438.5	72.2	27.8
No.200	0.074	88.6	527.0	86.8	13.2
P A S A No 200		80.0	80.0		
SUMA:		607.0	607.0		

ESPECIFICACIONES		
% mín.	% máx.	TAMIZ
100.0	100.0	# 4
95.0	100.0	# 8
70.0	100.0	# 16
40.0	75.0	# 30
10.0	35.0	# 50
2.0	15.0	# 100
0.0	5.0	# 200

INEN 872 (p. 7), por INEN 872, 2011.

Figura 2.3

Curva granulométrica



Material fino que pasa el tamiz 200= 268.3 GR

Contenido Orgánico =0%

Equivalente de arena = 76%

CAPITULO 3

DISEÑO DE ADOQUINES

3.1 Características de la maquinaria a usar

Para el desarrollo de la presente tesis se usará la maquinaria de la empresa CONCRETE BLOCK, compañía dedicada a la producción de prefabricados de hormigón y materiales pétreos para la construcción a nivel nacional ubicada en las calles: Av. Huasipungo y Catequilla. A continuación, se muestra un par de fotos de la fabrica

Figura 3.1

Adoquines



Nota: El grafico corresponde al diseño de adoquín que existe. Tomado de *CONCRETE BLOCK*, por CONCRETE BLOCK.

La maquinaria utilizada en el país suele ser de origen artesanal, razón por la cual carecemos de especificaciones técnicas de fabricación y uso. Lo que nos ha llevado a basarnos exclusivamente en la experiencia y sugerencias del personal que labora en dicha compañía por varios años.

La empresa cuenta con mesas de vibro compactación estática, con masas giratorias excéntricas que proporcionan una vibración externa. Se conoce como vibración externa a la vibración conjunta del material y la base que sustenta el hormigón.

Para la fabricación de adoquines se requiere mezclar los agregados con cemento y agua en proporciones adecuadas para luego vibrar y compactar dicha mezcla. El objetivo fundamental del vibrado es mantener esta masa compacta y homogénea, eliminando al máximo el volumen de vacíos en el hormigón, aumentando así la densidad y por consecuencia la resistencia. Se sugiere una vibración de entre 9 y 10 segundos para no tener efectos adversos

3.2 Dosificación de adoquines

Dosificar una mezcla consiste en determinar las cantidades necesarias que deben amasarse tanto de áridos, aglomerados, agua y para nuestro caso fibra de vidrio. El objetivo principal es reducir la cantidad de aglomerado (cemento) aprovechando al máximo la resistencia de los áridos, llegando a tener la resistencia deseada.

Tomando en cuenta que el cemento es el material más costoso en la producción de adoquines, tiene sentido buscar su optimización y reducción en función de mejorar los costos, agregando fibra de vidrio mediante un tanteo y ensayando la resistencia de los adoquines podremos visualizar el cambio de resistencia según la cantidad de fibra de vidrio.

3.3 Curado

El curado comprende todas las medidas indispensables para que el hormigón recién colocado desarrolle la resistencia y dureza necesarias durante el servicio. Esto supone la protección contra cargas antes de tiempo (accidentales o aplicadas) y contra efectos químicos dañinos, así como la conservación de humedad y temperatura favorables para la hidratación.

En el proceso de fraguado las moléculas se unen lentamente gracias al agua, dando lugar a la unión de todos los elementos que constituyen el hormigón. Esta unión progresiva es la que da lugar a las tensiones de retracción. Tal retracción varia con la cantidad de agua que queda libre en el proceso de fraguado. Por lo tanto, los hormigones de consistencia seca registran mayores retracciones. Por esta causa se hace necesario el riego del hormigón durante el fraguado. Este riego impide la evaporación del agua de dosificación quedando esta absorbida por la hidratación.

Por estas razones, debemos mantener el hormigón protegido de la acción directa del sol en los tres primeros días y conservando la humedad hasta los diez días o catorce días después de su puesta en obra.

La temperatura ambiente influye en el endurecimiento del hormigón en el sentido de acelerarlo al aumentar, si no es excesiva, y retardarlo en su endurecimiento si la misma baja.

El agua juega un papel importante en el jurado del hormigón. Usar agua de curado inadecuado puede ser muy nociva al actuar sobre un hormigón y ha fraguado y comenzado a endurecer y sobre el que pueden ejercer efectos de expansivos y destructores.

Lo anteriormente explicado se refiere exclusivamente a hormigones elaborados con cemento portland.

3.4 Metodo de dosificacion de adoquines

REQUERIMIENTOS

f'c= 350 Kg/cm^2 asentamiento = 3 cm

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES				
% abs. Fino	6.20	**Ga(agr.)**	2.478	
% abs. Grueso	3.01	**Gc**	2.95	
%hn. fino	2.00	**TMN**	25	mm
%hn. grueso	0.90			

VALORES DE TABLAS

CÁLCULOS

1.- Agua neta y aire (tabla A.1.5.3.3.) =>se ingresa con asen. Y TM (Hormigón sin aire incluido)

Agua neta 110 Kg/m^3 Aire (%) 1.0

2.- Relación agua/cemento (valor interpolado)

2.1.- Se define el coeficiente de seguridad

% de Segur. = 10

2.2.- Se calcula f´c de diseño, y de la tabla 19(Nacionales) o A1.5.3.4(a)(Extranjeros) se obtiene a/c

f´c diseño=f´creq*(1+%seg. /100)

f'c diseño= 385.00 Kg/cm^2

3.- Se calcula el Cemento= agua neta/relación (a/c)

a/c=0.345

Cemento=	319	Kg/M^3

INTERPOLACIÓN	
300	0.43
350	0.38
50	0.05
-35.0	-0.0350

TABLA 3.1	
150	0.67
200	0.58
250	0.5
300	0.43
350	0.38

4.- Se calcula los agregados en estado S.S.S.= Um-Agua neta-Cemento

4.1.- Se calcula el Peso unitario del Hormigón (Um)

Um= 10Ga(100-A) +Cm(1-Ga/Gc)- Wm (Ga-1)

Ga= Gravedad específica sss, promedio, del agregado fino y grueso

Gc= Gravedad específica del cemento (aproximadamente 3,15)

A= % de Aire contenido

Wm= Agua neta (Kg/M3)

Cm= Cemento requerido (Kg/M3)

Um (Puh)= 2342 Kg/M^3

Agregados (sss)= 1913 Kg/M^3

4.2.- se establece el % de agregado fino y grueso (% de fino varía de 35 a 50 %)

% fino 47.00 % grueso 53.00

4.3.- Arena (sss)=

% finos/100*Agregados(sss) Arena(sss)=899 Kg/M^3

4.4.- Ripio (sss)=

% gruesos/100*Agregados(sss) Ripio(sss)= 1014 Kg/M^3

5.- Se calcula los agregados en estado natural

5.1.- Masa seca = Masa (sss)/(1+%Ab/100)

5.2- Masa natural=Masa seca* (1+%humedad natural/100))

Ripio(se)= 984 Kg/M^3

Arena(se)= 847 Kg/M^3

Ripio nat. 993 Kg/M^3

Arena nat. 863 Kg/M^3

6.- Se calcula el agua de mezcla

6.1 Agua de mezcla=agua neta+arena seca(%ab-%hn) /100+ripio seco(%ab-%hn) /100

Agua mez.	166 Kg/M^3	
RESUMEN	Kg/M^3	Parada
Agua mez.	166	26.08
Cemento	319	50.00
Arena nat.	863	135.41
Ripio nat.	993	155.72
Aditivo(cc)	765	0

7.- Se hace la mezcla y se obtiene el Asentamiento y el Peso unitario real del Hormigón

PRIMERA RE-ESTIMACIÓN DE MEZCLA

	Puh(real)=	2318	Kg/M^3	Asen.obt. =	10
A. seca uti. =	847			Ag.ne. (u)=	110
R. seco uti. =	984			a/c (u)=	0.345
% fino	45.0	% grueso	55		

MATERIAL MEZCLA	2341.7	Kg/M^3
d=	15.2	cm
h=	30.4	cm
P. molde=	0	gr
Pm. +mues=	17040	gr
Volumen=	7350	cm^3

F1=sumatoria Mat. Mezclados (Kg/M^3) /Puh(real)(Kg/M^3) P.u.h= 2.318
F1= 1.010045

Agua neta = Agua neta usada/F1+ 2(Ase. Requerido-Ase. Obtenido)

Agua neta=	95	Kg/M^3
Cemento=	275	Kg/M^3
Ripio sss=	1072	Kg/M^3
Ripio seco=	1040	Kg/M^3
Ripio nat=	1050	Kg/M^3
Arena sss=	877	Kg/M^3
Arena seca=	826	Kg/M^3
Arena nat. =	842	Kg/M^3

			Kg.				
	RESUMEN	Kg/M^3	6.000	M^3			
	Agua mez.	152	909	%Hn(aren)	%Hn(rojo)	%Hn(azul)	%Hn (Rip)
	Cemento	275	1651	6.00	2.25	2.30	2.29
Adit. (cc/saco)	Arena nat.	842	5053	Rojo	Azul		
180	Ripio nat.	1050	6298	1889	4409		
		2318.367					

3.5 Ensayo de compresión

En la norma técnica ecuatoriana INEN 1485, se describe el procedimiento para realizar este ensayo de laboratorio, mismo que trata de someter un adoquín a la aplicación de una carga creciente de compresión, hasta provocar su falla. (cuando este sea roto).

Las muestras deben someterse a prueba en condiciones húmedas, después de haber estado almacenados por lo menos 24 horas en agua, a una temperatura de 20 °C + -5 °C.

Antes de sumergir los adoquines en agua, será preciso determinar el área suficiente. Las placas de la máquina se limpiarán con un paño y se le quitar porque habrá sido de arenilla suelto u otro material que se encuentra en las caras de contacto del adoquín.

Por otra parte, se refrentará las probetas con capping o triplay de 4 mm de espesor como empaque, se colocará en las caras superiores e inferiores de la muestra, Y entre las plazas de la máquina y la muestra se colocará una plancha de acero aproximadamente 25 mm de espesor, que cubra todos los ejercicios de la muestra y sea capaz de distribuir uniformemente las cargas.

El adoquín se debe colocar en la máquina con una superficie desgastes arriba, de manera que los ejes longitudinales y transversales del mismo queden alineados con los ejes de las placas de la máquina. La aplicación de la carga debe ser continua y no intermitente, a una velocidad aproximada de 15 MPa por minuto, hasta que no se pueda soportar una carga mayor, debiendo registrarse la carga máxima aplicada.

La resistencia a la compresión de cada muestra deberá calcularse, dividiendo la carga máxima para el área total de la cara de contacto del adoquín, representado por As, y multiplicando el resultado por el factor correspondiente, tomado de la Tabla 2 de la norma INEN 1 488.

Dicha resistencia se expresará con una precisión de 1 MPa

3.6 Ensayo de tracción indirecta

La máquina de ensayo debe tener una escala con una precisión de ± 3 % sobre el rango previsto de las cargas de ensayo y debe ser capaz de incrementar la carga a la velocidad especificada.

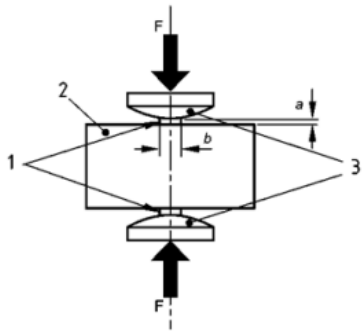
La máquina de ensayo debe estar equipada con un dispositivo compuesto de dos soportes rígidos, cuya superficie de contacto tenga un radio de (75 ± 5) mm.

Los dos soportes deben mantenerse en un plano vertical con una tolerancia de ± 1 mm en los extremos de los soportes. El soporte superior debe ser capaz de girar sobre su eje transversal.

Las dos piezas de compresión deben ser de (15 ± 1) mm de ancho (b), con un espesor de (4 ± 1) mm (a) y al menos 10 mm más largo que el plano de fractura previsto.

Figura 3.2

Chaflán o bisel y de conicidad perimetral



Nota: Esta imagen representa a un ejemplo de chaflán o bisel y de conicidad perimetral. Tomado de *INEN 3040*, (p. 7) por INEN, 2016.

Leyenda:

1. piezas de compresión

2. adoquín

3. soportes rígidos

Las piezas de compresión estarán hechas de un material que cumpla el siguiente criterio de dureza: Cuando sean sometidas a un ensayo de punzonamiento mediante una barra de sección circular con un diámetro de (16,0 ± 0,5) mm y se aplique una fuerza con una velocidad de (48 ± 10) kN/min, la penetración inmediata debe ser igual a (1,2 ± 0,4) mm cuando se alcance la fuerza de (20 ± 5) kN.

Se colocan los adoquines en la máquina de ensayo, introduciendo las piezas de compresión entre su cara vista y de apoyo y los soportes rígidos. Se asegurará que los ejes de los apoyos y las piezas de compresión están en línea con la sección de tracción indirecta del adoquín.

La(s) sección(es) de tracción indirecta se deben seleccionar de acuerdo con el siguiente orden de prioridad:

a) El ensayo se realiza a lo largo de la mayor sección de tracción indirecta del adoquín, paralela y simétrica a los bordes, de tal manera que se satisfaga la siguiente condición:

- La distancia entre la sección de tracción indirecta y cualquiera de las caras laterales es al menos 0,5 veces el espesor del adoquín en al menos el 75 % de la sección de tracción indirecta.

b) Si la condición establecida en el párrafo anterior no puede cumplirse, el ensayo se realiza a lo largo de dos secciones de tracción indirecta, de forma que se satisfaga la siguiente condición:

- La distancia entre las secciones de tracción indirecta o entre cualquier sección de tracción indirecta y cualquier cara lateral del adoquín es, al menos, 0,5 veces el espesor del adoquín en al menos el 75 % de la longitud de la sección de tracción indirecta considerada.

c) Si no pueden cumplirse ninguna de las condiciones establecidas anteriormente, la sección de tracción indirecta se debe escoger de tal forma que cumpla con la condición de distancia en la mayor parte proporcional de su longitud de tracción indirecta.

d) Si la sección en planta del adoquín es cuadrada, hexagonal o circular, la sección de tracción indirecta debe escogerse de tal forma que su menor longitud de corte pase por el centro de su sección en planta.

Se aplica la carga suave y progresivamente, de forma que la resistencia se incremente a una velocidad de (0,05 ± 0,01) MPa/s. Se registra la carga de tracción indirecta

Se calcula el área del plano(s) de tracción indirecta del adoquín ensayado empleando la siguiente ecuación:

$$S = l \times t$$

Donde

S es la superficie de tracción indirecta, en mm^2,

l es la media de dos medidas de la longitud de tracción indirecta, una en su cara vista y otra en su dorso, en mm,

t es el espesor del adoquín en la sección de tracción indirecta, en mm, y es la media de tres medidas, una en el medio y las otras dos en los extremos.

El informe del ensayo debe incluir la siguiente información:

a) T, la resistencia a la tracción indirecta del adoquín al 0,1 MPa más cercano.

b) F, la carga de tracción indirecta por unidad de longitud del adoquín al 10 N/mm más cercano de la longitud de tracción indirecta.

La resistencia característica a la tracción indirecta (T) debe ser superior o igual a 3,6 MPa. Ningún valor individual debe ser inferior a 2,9 MPa ni tener una carga de tracción indirecta por unidad de longitud (F) inferior a 250 N/mm.

3.7 Resultados de ensayos de compresión simple y tracción indirecta

Tabla 3.2

Resultados ensayos de compresión simple sin fibra de vidrio.

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Compresión simple
NORMA	NTE INEN 1485
% FIBRA DE VIDRIO	0
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.3

Resultados ensayos de compresión simple con 0% de fibra de vidrio.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	17/05/2022									
Edad (días)	7									
Espesor (mm)	81.01	80.58	80.65	80.12	80.48	80.31	80.04	80.29	80.11	80.03
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3844005.51	3823601.58	3826923.15	3801774.12	3818856.48	3810789.81	3797978.04	3809840.79	3801299.61	3797503.53
Masa (gr)	8390	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.18	2.45	2.43	2.47	2.47	2.44	2.47	2.49	2.46	2.48
Carga (kN)	1966.00	1908.00	1992.00	1941.00	1933.00	1945.00	1946.00	1972.00	1942.00	1958.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	45	47	46	46	46	46	47	46	46

Resistencia Característica fck =	45	MPa	461	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.5	MPa	5	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.4

Resultados de ensayos de compresión con 0 % de fibra de vidrio

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	24/05/2022									
Edad (días)	14									
Espesor (mm)	81.88	80.38	80.74	80.92	81.12	80.64	80.99	81.42	80.53	80.68
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3885287.88	3814111.38	3831193.74	3839734.92	3849225.12	3826448.64	3843056.49	3863460.42	3821229.03	3828346.68
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.42	2.45	2.43	2.45	2.45	2.43	2.44	2.45	2.44	2.46
Carga (kN)	1965.00	1930.00	1959.00	1950.00	1945.00	1953.00	1952.00	1968.00	1965.00	1950.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	466	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.3	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.5

Resultados de ensayos de compresión con 0% de fibra de vidrio.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	31/05/2022									
Edad (días)	28									
Espesor (mm)	80.22	80.38	80.91	81.59	81.56	80.57	80.62	80.78	80.26	80.83
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3806519.22	3814111.38	3839260.41	3871527.09	3870103.56	3823127.07	3825499.62	3833091.78	3808417.26	3835464.33
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.45	2.42	2.43	2.43	2.44	2.45	2.47	2.45	2.46
Carga (kN)	1952.00	1951.00	1933.00	1935.00	1949.00	1956.00	1947.00	1966.00	1963.00	1958.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	466	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.6

Resultados de ensayos de tracción indirecta

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Tracción indirecta
NORMA	NTE INEN 3040
% FIBRA DE VIDRIO	0
f'c de Diseño	350 kg/cm²

Tabla 3.7

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	17/05/2022							
Edad (días)	7							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	81	82	82	82	81	82	82	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19602.00	19844.00	19926.00	19844.00	19683.00	19844.00	19926.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	60201	56038	62962	47350	63850	55692	54222	47449
Factor de corrección por espesor	1.00	1.01	1.01	1.01	1.00	1.01	1.01	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	1.96	1.82	2.03	1.54	2.07	1.81	1.75	1.54
Carga por unidad de longitud (N/mm)	248.76	231.56	259.10	195.66	262.76	230.13	223.14	196.07

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	1.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.2	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.50**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.8

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	24/05/2022							
Edad (días)	14							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	81	82	81	80	81	82	80	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19602.00	19844.00	19683.00	19360.00	19683.00	19844.00	19440.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	70883	82767	46407	48912	71624	90226	72859	73756
Factor de corrección por espesor	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.30	2.68	1.50	1.61	2.32	2.93	2.39	2.40
Carga por unidad de longitud (N/mm)	292.90	342.01	190.98	202.12	294.75	372.83	299.83	304.78

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.3	Mpa
Desviación estándar (S)	0.5	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.5**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.9

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	31/05/2022							
Edad (días)	28							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	81	81	82	80	81	81	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19602.00	19683.00	19844.00	19440.00	19602.00	19683.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	88740	91603	92113	92389	86882	83122	107905	104589
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.92	2.98	2.98	3.00	2.85	2.70	3.49	3.40
Carga por unidad de longitud (N/mm)	366.69	378.52	379.07	381.77	357.54	343.48	444.05	432.19

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	3.0	Mpa
Desviación estándar (S)	0.25	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**2.63**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.10

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 0.5

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Compresión simple
NORMA	NTE INEN 1485
% FIBRA DE VIDRIO	0.5
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.11

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	17/05/2022									
Edad (días)	7									
Espesor (mm)	80.30	81.12	80.60	80.78	81.20	80.45	80.95	80.38	81.60	80.85
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3810315	3849225	3824551	3833092	3853021	3817433	3841158	3814111	3872002	3836413
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.43	2.43	2.45	2.44	2.44	2.44	2.48	2.41	2.46
Carga (kN)	1950.00	1950.00	1935.00	1925.00	1943.00	1945.00	1952.00	1962.00	1958.00	1947.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	45	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	465	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	469	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.12

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	24/05/2022									
Edad (días)	14									
Espesor (mm)	80.20	81.30	80.56	80.95	80.64	81.12	80.90	80.35	81.25	80.15
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3805570	3857766	3822653	3841158	3826449	3849225	3838786	3812688	3855394	3803198
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.42	2.43	2.45	2.46	2.42	2.45	2.48	2.42	2.48
Carga (kN)	1930.00	1945.00	1928.00	1952.00	1961.00	1943.00	1949.00	1938.00	1958.00	1963.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	45	MPa	464	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	469	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.3	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.13

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	31/05/2022									
Edad (días)	28									
Espesor (mm)	81.18	80.38	80.47	80.62	80.18	81.29	80.85	80.29	80.41	81.19
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3852072	3814111	3818382	3825500	3804621	3857292	3836413	3809841	3815535	3852547
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.44	2.45	2.44	2.46	2.47	2.41	2.45	2.49	2.45	2.45
Carga (kN)	1962.00	1953.00	1957.00	1938.00	1958.00	1932.00	1960.00	1951.00	1949.00	1956.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	466	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.14

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0.5

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Tracción indirecta
NORMA	NTE INEN 3040
% FIBRA DE VIDRIO	0.5
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.15

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	17/05/2022							
Edad (días)	7							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	81	80	80	81	82	80	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19602.00	19440.00	19360.00	19683.00	19844.00	19440.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	62894	52094	55841	61145	52635	45708	54726	57743
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.07	1.69	1.83	2.01	1.70	1.48	1.79	1.88
Carga por unidad de longitud (N/mm)	259.89	215.26	229.80	252.67	216.60	188.88	225.21	238.61

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	1.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.2	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.5**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.16

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	24/05/2022							
Edad (días)	14							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	81	80	80	80	81	80	81	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19602.00	19360.00	19440.00	19360.00	19683.00	19360.00	19683.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	67113	94422	64070	63535	70156	54615	77998	54653
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.18	3.11	2.10	2.09	2.27	1.80	2.52	1.80
Carga por unidad de longitud (N/mm)	277.33	390.17	263.66	262.54	288.71	225.68	320.98	225.84

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.2	Mpa
Desviación estándar (S)	0.4	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.6**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.17

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 0.5

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	31/05/2022							
Edad (días)	28							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	80	81	80	80	80	81	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19360.00	19683.00	19360.00	19440.00	19360.00	19683.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	93532	77235	97435	85898	74660	76598	72534	106492
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	3.08	2.54	3.15	2.83	2.45	2.52	2.35	3.46
Carga por unidad de longitud (N/mm)	386.50	319.15	400.97	354.95	307.24	316.52	298.49	440.05

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.37	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**2.18**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.18

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Compresión simple
NORMA	NTE INEN 1485
% FIBRA DE VIDRIO	1
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.19

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	17/05/2022									
Edad (días)	7									
Espesor (mm)	81.36	80.68	80.91	80.32	81.15	80.81	80.31	80.21	81.12	80.72
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3860613	3828347	3839260	3811264	3850649	3834515	3810790	3806045	3849225	3830245
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.43	2.44	2.42	2.47	2.45	2.43	2.46	2.49	2.43	2.46
Carga (kN)	1909.00	1939.00	1946.00	1924.00	1942.00	1938.00	1956.00	1939.00	1948.00	1914.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	45	46	46	45	46	46	46	46	46	45

Resistencia Característica fck =	45	MPa	460	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	466	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.3	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.20

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	24/05/2022									
Edad (días)	14									
Espesor (mm)	80.29	80.16	81.08	80.67	80.38	81.28	81.16	80.82	80.75	80.33
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3809841	3803672	3847327	3827872	3814111	3856817	3851123	3834990	3831668	3811739
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.46	2.42	2.46	2.47	2.41	2.44	2.47	2.44	2.47
Carga (kN)	1965.00	1930.00	1959.00	1950.00	1945.00	1953.00	1952.00	1968.00	1965.00	1950.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	466	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.3	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.21

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	31/05/2022									
Edad (días)	28									
Espesor (mm)	81.22	80.39	80.95	80.19	81.34	80.21	81.53	80.86	80.17	80.37
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3853970	3814586	3841158	3805096	3859664	3806045	3868680	3836888	3804147	3813637
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.44	2.45	2.42	2.47	2.44	2.45	2.43	2.47	2.46	2.47
Carga (kN)	1952.00	1948.00	1963.00	1961.00	1939.00	1956.00	1942.00	1966.00	1968.00	1961.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	467	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	471	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.22

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
Ensayo	Tracción indirecta
NORMA	NTE INEN 3040
% FIBRA DE VIDRIO	1
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.23

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	17/05/2022							
Edad (días)	7							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	81	80	80	81	81	80	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19602.00	19440.00	19360.00	19683.00	19602.00	19440.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	44596	60402	60317	50784	47587	47167	58987	69561
Factor de corrección por espesor	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	1.47	1.96	1.98	1.67	1.54	1.53	1.93	2.29
Carga por unidad de longitud (N/mm)	184.28	249.60	248.22	209.85	195.83	194.90	242.74	287.44

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	1.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.3	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.4**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.24

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	24/05/2022							
Edad (días)	14							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	80	81	81	80	82	80	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19360.00	19683.00	19602.00	19440.00	19844.00	19440.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	81301	72656	86490	71032	75783	66799	81052	67547
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.68	2.39	2.80	2.31	2.48	2.17	2.66	2.22
Carga por unidad de longitud (N/mm)	335.95	300.23	355.93	293.52	311.86	276.03	333.55	279.12

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.5	Mpa
Desviación estándar (S)	0.2	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**2.1**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.25

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	31/05/2022							
Edad (días)	28							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	81	81	80	82	81	80	82
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19602.00	19683.00	19360.00	19926.00	19602.00	19440.00	19844.00
Carga de Rotura (N)	101953	82766	63598	94236	75740	91430	85473	104990
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.01
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	3.35	2.69	2.06	3.10	2.45	2.97	2.80	3.40
Carga por unidad de longitud (N/mm)	421.29	342.01	261.72	389.40	311.69	377.81	351.74	433.84

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.9	Mpa
Desviación estándar (S)	0.43	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**2.15**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.26

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1.5.

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
Ensayo	Compresión simple
NORMA	NTE INEN 1485
% FIBRA DE VIDRIO	1.5
f'c de Diseño	400 Kg/cm²

Tabla 3.27

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	17/05/2022									
Edad (días)	7									
Espesor (mm)	80.22	80.49	80.16	81.39	81.62	80.93	80.74	80.85	81.51	80.19
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3806519	3819331	3803672	3862037	3872951	3840209	3831194	3836413	3867731	3805096
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.45	2.45	2.43	2.43	2.42	2.45	2.47	2.41	2.48
Carga (kN)	1950.00	1969.00	1950.00	1921.00	1903.00	1942.00	1918.00	1955.00	1962.00	1905.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	45	45	46	45	46	46	45

Resistencia Característica fck =	45	MPa	458	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	466	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.5	MPa	5	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.28

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	24/05/2022									
Edad (días)	14									
Espesor (mm)	80.83	80.94	81.39	80.62	81.56	80.87	80.17	81.28	80.36	80.73
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3835464	3840684	3862037	3825500	3870104	3837362	3804147	3856817	3813162	3830719
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.45	2.43	2.41	2.46	2.43	2.43	2.47	2.46	2.45	2.46
Carga (kN)	1927.00	1961.00	1949.00	1958.00	1951.00	1963.00	1958.00	1939.00	1956.00	1954.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	45	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	466	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.29

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	31/05/2022									
Edad (días)	28									
Espesor (mm)	80.96	81.25	80.25	80.67	80.58	80.45	81.33	80.72	80.88	81.21
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3841633	3855394	3807943	3827872	3823602	3817433	3859190	3830245	3837837	3853496
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.45	2.43	2.44	2.46	2.46	2.44	2.43	2.47	2.43	2.44
Carga (kN)	1965.00	1942.00	1952.00	1959.00	1967.00	1955.00	1961.00	1951.00	1959.00	1964.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	468	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	471	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.30

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1.5.

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
Ensayo	Tracción indirecta
NORMA	NTE INEN 3040
% FIBRA DE VIDRIO	1.5
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.31

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	17/05/2022							
Edad (días)	7							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	80	81	80	81	80	80	82
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19360.00	19683.00	19360.00	19683.00	19360.00	19440.00	19844.00
Carga de Rotura (N)	54713	54234	48168	63190	48203	49810	57476	55296
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	1.80	1.78	1.56	2.08	1.56	1.64	1.88	1.79
Carga por unidad de longitud (N/mm)	226.09	224.11	198.22	261.12	198.37	205.83	236.53	228.50

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	1.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.2	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.5**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.32

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	24/05/2022							
Edad (días)	14							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	81	80	80	80	81	82	80	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19602.00	19360.00	19440.00	19360.00	19683.00	19844.00	19440.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	82321	58094	48620	54569	78678	49286	76896	61390
Factor de corrección por espesor	1	1	1	1	1	1.01	1	1
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.68	1.91	1.59	1.80	2.55	1.60	2.52	2.02
Carga por unidad de longitud (N/mm)	340.17	240.06	200.08	225.49	323.78	203.66	316.44	253.68

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.1	Mpa
Desviación estándar (S)	0.4	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.4**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.33

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 1.5.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	31/05/2022							
Edad (días)	28							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	80	80	81	80	81	80	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19360.00	19440.00	19602.00	19440.00	19602.00	19440.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	91865	87912	40474	84469	87872	71746	67168	73608
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	3.02	2.89	1.33	2.74	2.88	2.33	2.20	2.42
Carga por unidad de longitud (N/mm)	379.61	363.27	166.56	349.05	361.61	296.47	276.41	304.17

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.5	Mpa
Desviación estándar (S)	0.52	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.63**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.34

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 2.

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Compresión simple
NORMA	NTE INEN 1485
% FIBRA DE VIDRIO	2
f'c de Diseño	400 kg/cm²

Tabla 3.35

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	17/05/2022									
Edad (días)	7									
Espesor (mm)	80.72	80.53	80.91	81.47	80.38	81.56	80.16	80.63	80.82	81.24
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3830245	3821229	3839260	3865833	3814111	3870104	3803672	3825974	3834990	3854919
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.45	2.45	2.42	2.43	2.47	2.41	2.47	2.48	2.44	2.44
Carga (kN)	1933.00	1917.00	1938.00	1960.00	1950.00	1931.00	1955.00	1919.00	1945.00	1961.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	45	46	46	46	46	46	45	46	46

Resistencia Característica fck =	45	MPa	461	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	467	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.4	MPa	4	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.36

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	24/05/2022									
Edad (días)	14									
Espesor (mm)	80.91	80.14	80.85	80.37	81.73	80.76	81.47	80.90	80.66	80.11
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3839260	3802723	3836413	3813637	3878170	3832143	3865833	3838786	3827398	3801300
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.45	2.46	2.42	2.46	2.43	2.43	2.43	2.47	2.44	2.48
Carga (kN)	1962.00	1956.00	1966.00	1933.00	1954.00	1946.00	1960.00	1951.00	1921.00	1965.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	45	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	464	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	470	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.3	MPa	3	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.37

Resultados de ensayos de compresión % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Color	Gris Natural									
Fecha de Fabricación	10/05/2022									
Fecha de Rotura	31/05/2022									
Edad (días)	28									
Espesor (mm)	80.35	80.87	80.92	81.74	81.19	80.77	80.99	80.23	81.45	80.61
Área (mm²)	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00	47451.00
Volumen (mm³)	3812688	3837362	3839735	3878645	3852547	3832617	3843056	3806994	3864884	3825025
Masa (gr)	9400	9350	9300	9400	9415	9310	9390	9470	9340	9420
Peso Unitario (gr/cm³)	2.47	2.44	2.42	2.42	2.44	2.43	2.44	2.49	2.42	2.46
Carga (kN)	1948.00	1962.00	1966.00	1940.00	1961.00	1951.00	1960.00	1958.00	1955.00	1950.00
Factor de Forma	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12
Resistencia Mpa	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46

Resistencia Característica fck =	46	MPa	468	Kg/cm²
Resistencia Promedio fcm =	46	MPa	471	Kg/cm²
Desviación estándar s =	0.2	MPa	2	Kg/cm²
Resistencia mínima que solicita la norma INEN 1488. (Caminos secundarios y calles Principales) a los 28 días.	40	MPa	400	Kg/cm²

Tabla 3.38

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 2.

DESCRIPCIÓN	Adoquín Tipo Cruz
ENSAYO	Tracción indirecta
NORMA	NTE INEN 3040
% FIBRA DE VIDRIO	2
f'c de Diseño	400 Kg/cm²

Tabla 3.39

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	17/05/2022							
Edad (días)	7							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	80	80	81	80	81	80	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19360.00	19360.00	19602.00	19440.00	19602.00	19440.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	50864	64672	57647	55723	54822	43620	57150	60461
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	1.67	2.13	1.90	1.81	1.80	1.42	1.87	1.96
Carga por unidad de longitud (N/mm)	210.18	267.24	238.21	230.26	225.60	180.25	235.19	249.84

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	1.8	Mpa
Desviación estándar (S)	0.2	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.5**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.40

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	24/05/2022							
Edad (días)	14							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	81	80	80	81	80	80	81	81
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19602.00	19360.00	19440.00	19602.00	19440.00	19360.00	19683.00	19602.00
Carga de Rotura (N)	74598	51694	49271	80918	76008	68240	79351	62473
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.42	1.70	1.61	2.63	2.49	2.25	2.57	2.03
Carga por unidad de longitud (N/mm)	308.26	213.61	202.76	334.37	312.79	281.98	326.55	258.15

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.2	Mpa
Desviación estándar (S)	0.4	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.6**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

Tabla 3.41

Resultados de ensayos de tracción indirecta % en fibra de vidrio 2.

Muestra Nº	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Color	Gris Natural							
Fecha de Fabricación	10/05/2022							
Fecha de Rotura	31/05/2022							
Edad (días)	28							
Longitud de Tracción Indirecta (mm)	242.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00	243.00	242.00
Espesor de tracción indirecta (mm)	80	81	80	80	81	81	80	80
Superficie de Tracción Indirecta (mm^2)	19360.00	19602.00	19440.00	19360.00	19683.00	19602.00	19440.00	19360.00
Carga de Rotura (N)	67455	72826	57962	52000	58878	65570	59935	86948
Factor de corrección por espesor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Resistencia a la Tracción Indirecta (Mpa)	2.22	2.37	1.90	1.71	1.91	2.13	1.96	2.86
Carga por unidad de longitud (N/mm)	278.74	300.93	238.53	214.88	242.30	270.95	246.65	359.29

Carga por unidad de longitud mínima	390	N/mm
Resistencia a la tracción indirecta promedio (fm)	2.1	Mpa
Desviación estándar (S)	0.3	Mpa
Resistencia Característica (fk)	**1.6**	**Mpa**
Resistencia a la tracción indirecta individual, que solicita norma INEN NTE 3040	2.9	Mpa
Resistencia característica a la tracción indirecta, que solicita norma INEN NTE 3040	3.6	Mpa

CAPÍTULO 4

ESTUDIO DE CORRELACIÓN

Tabulación de resultados de ensayos

Tabla 4.1

Tabulación de resultado de ensayos fibra 0%

FIBRA 0%			
COMPRESIÓN SIMPLE			
Días	Resistencia Kg/cm²		S
	Fck	Fcm	
7	461	470	5
14	466	470	3
28	466	470	2
TRACCIÓN INDIRECTA			
Días	Resistencia Mpa		S
	Fm	Fk	
7	1.8	1.5	0.2
14	2.3	1.5	0.5
28	3.0	2.63	0.25

Tabla 4.2

Tabulación de resultado de ensayos fibra 0.5%

FIBRA 0.5%			
COMPRESIÓN SIMPLE			
Días	Resistencia Kg/cm²		S
	Fck	Fcm	
7	465	469	2
14	464	469	3
28	466	470	2
TRACCIÓN INDIRECTA			
Días	Resistencia Mpa		S
	Fm	Fk	
7	1.8	1.5	0.2
14	2.2	1.6	0.4
28	2.8	2.18	0.4

Tabla 4.3

Tabulación de resultado de ensayos fibra 1%

FIBRA 1%			
COMPRESIÓN SIMPLE			
Días	Resistencia Kg/cm²		S
	Fck	Fcm	
7	460	466	3
14	466	470	3
28	467	471	2
TRACCIÓN INDIRECTA			
Días	Resistencia Mpa		S
	Fm	Fk	
7	1.8	1.4	0.3
14	2.5	2.1	0.2
28	2.9	2.15	0.43

Tabla 4.4

Tabulación de resultado de ensayos fibra 1.5%

FIBRA 1.5%			
COMPRESIÓN SIMPLE			
Días	Resistencia Kg/cm²		S
	Fck	Fcm	
7	458	466	5
14	466	470	3
28	468	471	2
TRACCIÓN INDIRECTA			
Días	Resistencia Mpa		S
	Fm	Fk	
7	1.8	1.5	0.2
14	2.1	1.4	0.4
28	2.5	1.63	0.52

Tabla 4.5

Tabulación de resultado de ensayos fibra 2%

FIBRA 2%			
COMPRESIÓN SIMPLE			
Días	Resistencia Kg/cm²		S
	Fck	Fcm	
7	461	467	4
14	464	470	3
28	468	471	2
TRACCIÓN INDIRECTA			
Días	Resistencia Mpa		S
	Fm	Fk	
7	1.8	1.5	0.2
14	2.2	1.6	0.4
28	2.1	1.6	0.3

4.2 Gráficos Resistencia vs Cantidad de fibra de vidrio

Tabla 4.6

Tabulación de resultado ensayo de compresión simple a los 7 días.

COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm²) 7 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	461
0.50	465
1,00	460
1.50	458
2.00	461

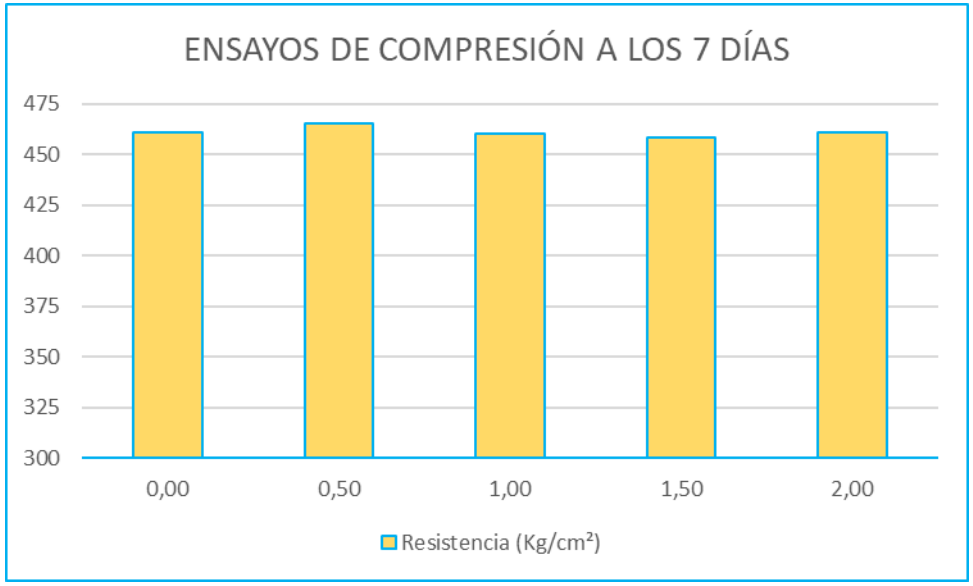


Tabla 4.7

Nota: Esta tabla representa el resultado de ensayos de compresión simple a los 14 días.

COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm²) 14 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	461
0.50	464
1,00	466
1.50	466
2.00	464

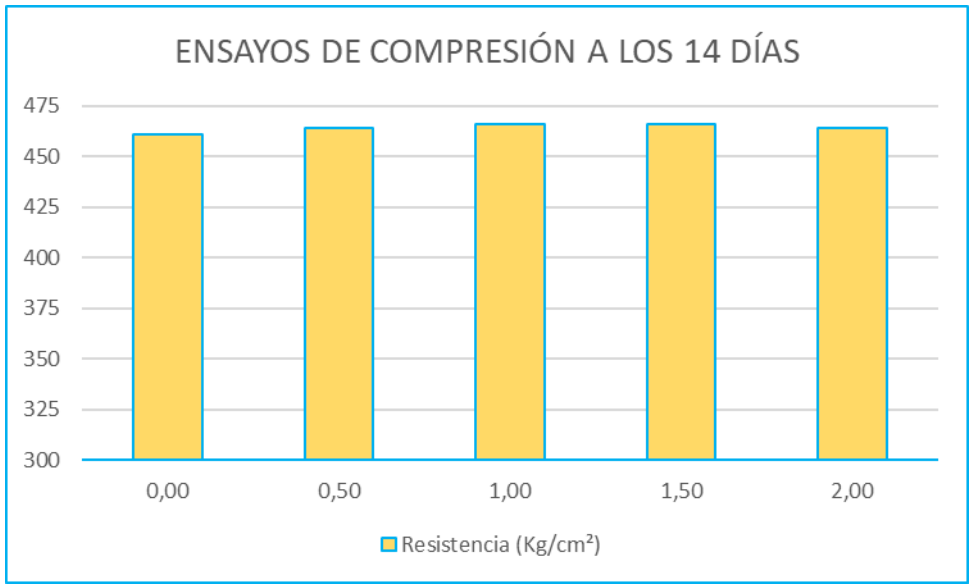


Tabla 4.8

Tabulación de resultado ensayo de compresión simple a los 28 días.

COMPRESIÓN SIMPLE (Kg/cm²) 28 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	466
0.50	466
1,00	467
1.50	468
2.00	468

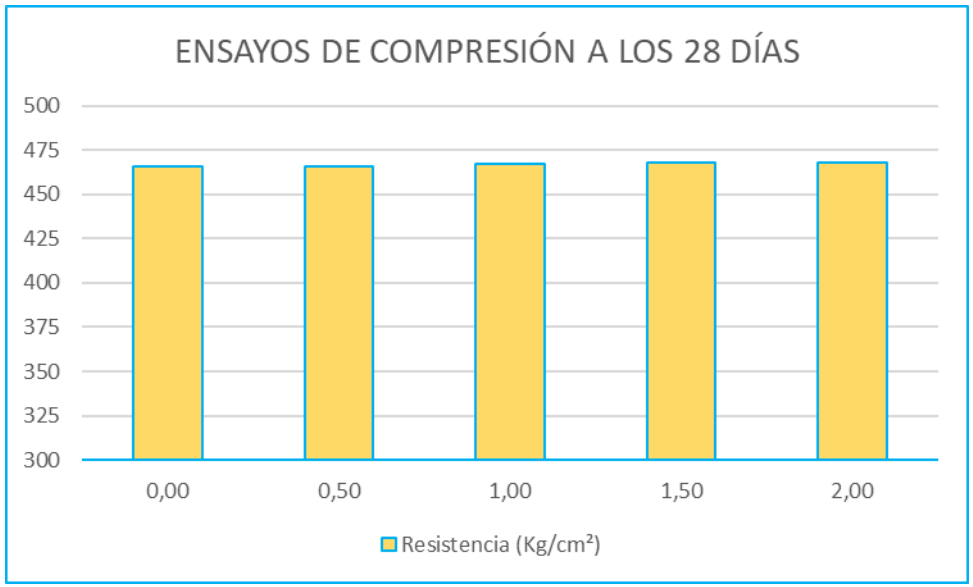


Tabla 4.9

Tabulación de resultado ensayo de tracción indirecta a los 7 días.

TRACCIÓN INDIRECTA (Mpa) 7 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	1.5
0.50	1.5
1,00	1.4
1.50	1.5
2.00	1.5

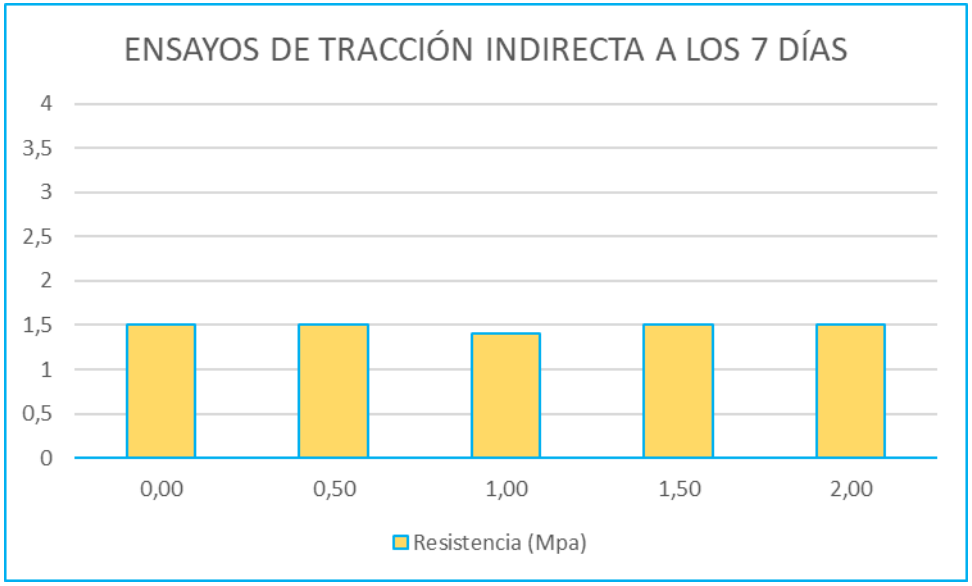


Tabla 4.10

Tabulación de resultado ensayo de tracción indirecta a los 14 días.

TRACCIÓN INDIRECTA (Mpa) 14 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	1.5
0.50	1.6
1,00	2.1
1.50	1.4
2.00	1.6

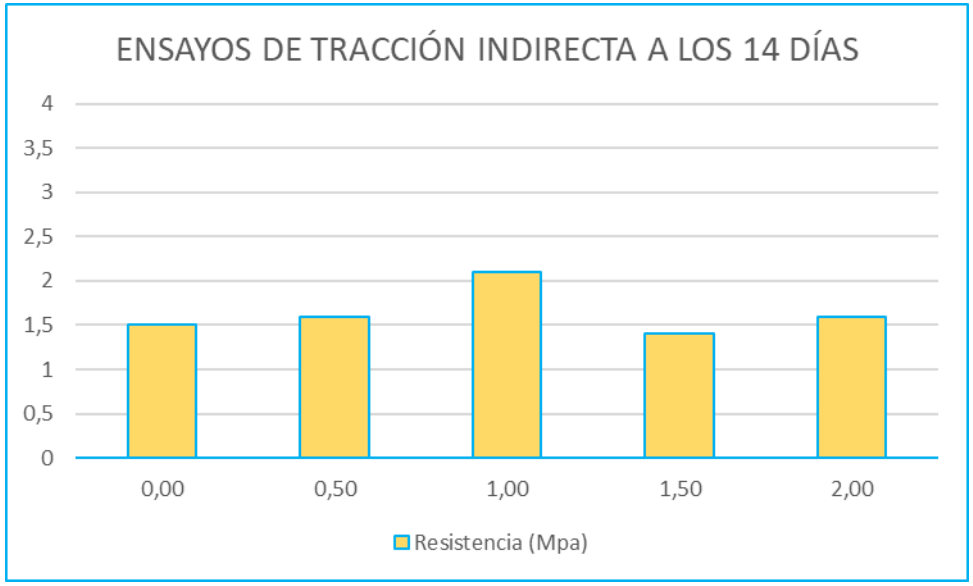
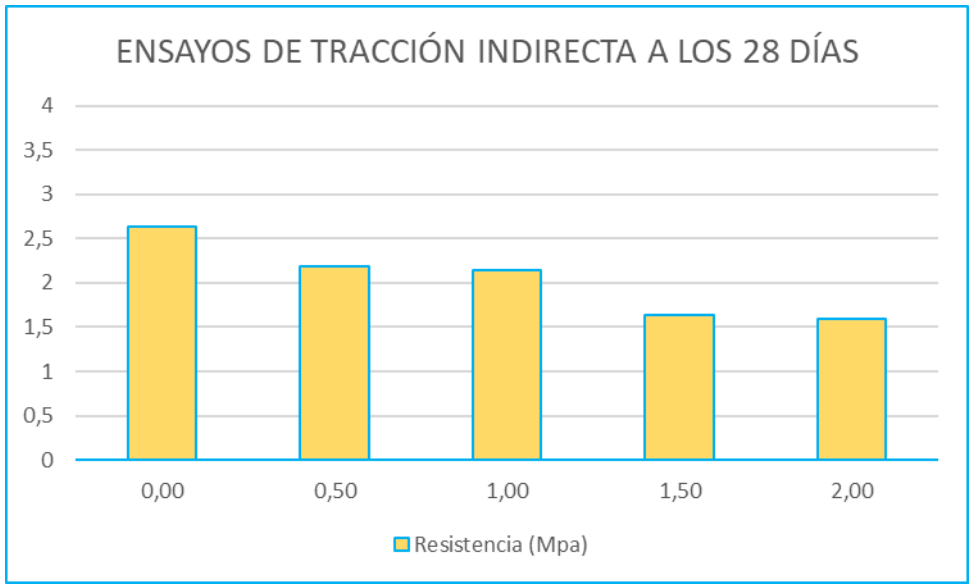


Tabla 4.11

Tabulación de resultado ensayo de tracción indirecta a los 28 días.

TRACCIÓN INDIRECTA (Mpa) 28 Días	
Cantidad Fibra %	Resistencia
0.00	2.63
0.50	2.18
1,00	2.15
1.50	1.63
2.00	1.60



CAPITULO 5 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

5.1 Estudio de mercado

Se realizó el correspondiente sondeo en diferentes fábricas de adoquines con el fin de tener conocimientos prácticos acerca del valor de mercado (costo) de adoquines convencionales en la ciudad de Quito, para junio del 2022.

A continuación, se presenta varias ofertas de este material con una resistencia de 300 kg/cm2, disponibles en el mercado local.

- Oferta 1

Figura 5.1

Adoquín



Nota: esta figura representa a un adoquín simple. Tomado de *Prenac*, por Prenac, (s.f.)

Fabricante: Prefabricados Nacionales

Marca: PRENAC

Color: gris, negro, amarillo y rojo

Precio unitario: $0.33

- Oferta 2

Figura 5.2

Adoquín



Nota: esta figura representa a un adoquín simple. Tomado de *Prenac*, por Prenac, (s.f.)

Precio unitario: $0.36

- Oferta 3

Figura 5.3

Adoquín hexagonal



Nota: esta imagen representa a un adoquín hexagonal. Tomado de *Prenac*, por Prenac, (s.f.)

Precio Unitario: $ 0.35

5.2 Calculo A.P.U.

Tabla 5.1

Calculo A.P.U.

Rubro:		Producción adoquín			
Equipo					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	5% MO	0.01	0.01		0.01
Mezcladora de hormigón	1.00	0.20	0.20	0.01	0.00
Maquina vibro prensadora	1.00	0.20	0.20	0.01	0.00
Subtotal M					0.01
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Tarifa/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00	3.62	3.62	0.02	0.09
Maestro Mayor	1.00	4.06	4.06	0.02	0.10
Subtotal N					0.18
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Ripio		Kg	2.00	0.01	0.02
Arena		Kg	2.75	0.01	0.03
Cemento		Kg	0.70	0.16	0.11
Subtotal O					0.11
		TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)			0.31
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 12.00 %			0.04
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.35
		VALOR OFERTADO			0.35

Tabla 5.2

Calculo A.P.U.

Rubro:	Producción adoquín con fibra de vidrio				
Equipo					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Herramienta menor	5% MO	0.01	0.01		0.01
Mezcladora de hormigón	1.00	0.20	0.20	0.01	0.00
Maquina vibro prensadora	1.00	0.20	0.20	0.01	0.00
Subtotal M					0.01
Mano de obra					
Descripción	Cantidad	Tarifa/HR	Costo Hora	Rendimiento	Costo
Peón	1.00	3.62	3.62	0.02	0.09
Maestro Mayor	1.00	4.06	4.06	0.02	0.10
Subtotal N					0.18
Materiales					
Descripción		Unidad	Cantidad	Precio Unit	Costo
Ripio		Kg	2.00	0.01	0.02
Arena		Kg	2.75	0.01	0.03
Cemento		Kg	0.70	0.16	0.11
Fibra de vidrio		kg	0.04	1.00	0.04
Subtotal O					0.20
		TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O)			0.40
		INDIRECTOS Y UTILIDADES: 12.00 %			0.05
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			0.44
		VALOR OFERTADO			0.44

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. Después de haber fabricado los adoquines con los materiales pétreos que se explotan en el sector de San Antonio de Pichincha se determinó que la dosificación de diseño del presente plan de disertación supera los 400Kg/cm2 a compresión a edades tempranas de fraguado. Sin embargo, los mismos adoquines al realizar el ensayo de tracción indirecta, no llegan a cumplir con la resistencia mínima que pide la norma nte 3040, donde se solicita que la resistencia característica sea de 3,6MPa mínimo.

En el capítulo IV podemos observar los resultados de los ensayos de: compresión simple y tracción indirecta, así como la expresión grafica de los mismos en función de la cantidad de fibra de vidrio añadida a la mezcla.

Para asegurar la veracidad de nuestros resultados se llevó a cabo los ensayos descritos en la Tabla 1 a los materiales (agregado fino, agregado grueso y cemento) previo a la fabricación de los adoquines a ensayarse. Los materiales usados cumplen con las normas: NTE INEN 872, NTE INEN 2380 e NTE INEN 1485.

Las tablas número 51 y 52 muestran los resultados obtenidos producto de la realización de los ensayos de tracción indirecta y compresión simple (0% de fibra de vidrio) a los adoquines producidos con materiales de la mina de San Antonio.

La resistencia a compresión simple con periodos de curado de 7, 14 y 28 días oscila entre 461 y 466 Kg/cm², siendo superior a la esperada, mientras que el resultado de los ensayos

realizados a tracción indirecta con el mismo periodo de tiempo va de 1.5 a 2.63 Mpa, siendo inferior al requerido por la norma (3.6 Mpa y ningún resultado individual inferior a 2.9 Mpa).

2. Después de haber ensayado los adoquines con los diferentes porcentajes de fibra de vidrio, siendo estos porcentajes de 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 y 2,5 en relación al saco de 50Kg de Cemento. Se logró determinar que la fibra de vidrio no influye en la resistencia a compresión de los adoquines, pero si influye en la resistencia a tracción indirecta, provocando que, a mayor porcentaje de fibra de vidrio, la resistencia a tracción indirecta sea menor.

La sección 4.2 muestra la variación de la resistencia a la compresión simple y tracción indirecta en función de la cantidad de fibra de vidrio agregada a la mezcla que para el presente trabajo de titulación será de 0.5,1,1.5,2 y 2.5 % a los 7,14 y 28 días.

En el caso del ensayo de compresión simple podemos observar que el comportamiento de las gráficas resistencia vs. porcentaje de fibra de vidrio con respecto al cemento no es uniforme y aunque presentan ciertos picos, estos no representan un aumento o disminución significativos en la resistencia al ensayo de compresión simple.

Las gráficas de resistencia a tracción indirecta vs cantidad de fibra de vidrio con respecto al cemento son, como en el caso anterior, heterogéneas.

La norma NTE INEN 3040 expresa textualmente: “La resistencia característica a la tracción indirecta (T) debe ser superior o igual a 3,6 MPa. Ningún valor individual debe ser inferior a 2,9 MPa ni tener una carga de tracción indirecta por unidad de longitud (F) inferior a 250 N/mm.”

Ninguna de las muestras con fibra de vidrio ha cumplido con este requerimiento, teniendo valores que oscilan entre 1.4 y 2.6 Mpa. Es importante mencionar que la resistencia máxima se ha obtenido con un porcentaje de fibra de vidrio de 0% con un valor de 2.6 Mpa, aun inferior al requerido por la norma, por lo tanto, la hipótesis no se cumplió.

3. Se determinó que los adoquines fabricados sin fibra de vidrio tienen mayor resistencia que los adoquines fabricados con un porcentaje de fibra de vidrio. Por lo tanto, la hipótesis planteada no se cumple.

4. El capítulo V muestra un pequeño estudio de mercado realizado en la ciudad de Quito, con precios de mercado para el año 2022, donde podemos observar que el precio de un adoquín f'c 350 Kg/cm² ronda los 35 centavos de dólar seguido de un análisis de precios unitarios (APU) correspondiente a la fabricación de dicho adoquín y su contraparte con un porcentaje óptimo de fibra de vidrio.

Mediante el análisis de precios unitarios podemos observar que agregar fibra de vidrio en su porcentaje considerado como optimo aumentaría el precio de comercialización de nuestro adoquín en alrededor de 4 centavos de dólar, subiendo su precio de 40 a 44 centavos. Esto representa un aumento aproximado del 10% al precio de venta al público de dicho producto.

6.2 Recomendaciones

1. Debido a que la resistencia máxima del hormigón se alcanza a los 28 días de curado, comparamos los resultados del ensayo de compresión simple y tracción indirecta de nuestros adoquines con este tiempo, descubriendo que la resistencia a compresión simple con

diferentes porcentajes de fibra de vidrio no varía significativamente, oscilando entre 466 y 468 Kg/cm².

Mientras que la resistencia a tracción indirecta, por otro lado, se reduce cuando agregamos fibra de vidrio a la mezcla, pasando de 2.63 Mpa sin fibra de vidrio a 1.6 Mpa con el porcentaje máximo de fibra de vidrio considerado para el presente estudio.

Es por esta razón que no recomendamos agregar este material a la mezcla de adoquines con el objetivo de aumentar su resistencia a tracción indirecta, ya que esta se ve reducida en más de un 30%.

Inclusive con un porcentaje de 0% de fibra de vidrio, la resistencia es menor a la requerida por la norma, en el ensayo de tracción indirecta.

2. Agregar fibra de vidrio a la mezcla de adoquines genera un incremento superior al 10% en su precio de venta al público, siendo que no generara una mejora en el desempeño de este producto, desde un punto de vista económico no se recomienda agregar este material a la mezcla.

El objetivo principal de agregar este material a nuestra mezcla de adoquines fue mejorar su desempeño al ensayo de tracción indirecta, sin éxito obtenido

3. Se recomienda revisar la norma con el objetivo de determinar si la resistencia a tracción indirecta requerida por el INEN es la adecuada ya que, en ninguno de los casos, nuestras muestras han cumplido con este requerimiento ni con adoquines producidos de manera tradicional y tampoco agregando fibra de vidrio a la mezcla.

4. Se recomienda analizar si en realidad el ensayo de tracción indirecta es bueno exigir en las obras de adoquinado, ya que en compresión hay adoquines que llegan a los 550Kg/cm2 de resistencia y, sin embargo, estos adoquines al momento de ensayar a tracción indirecta no cumplen la resistencia mínima.

.

ANEXOS.

- Anexo 1

Tabla 2 INEN 872

TABLA 2. Requisitos de gradación para áridos gruesos

Número de tamaño	Tamaño nominal (Tamices con aberturas cuadradas) (mm)	Porcentaje acumulado en masa que debe pasar cada tamiz de laboratorio (aberturas cuadradas)													
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm	2,36 mm	1,18 mm	300 µm
1	de 90 a 37,5	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
2	de 63 a 37,5	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...	...
3	de 50 a 25,0	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
357	de 50 a 4,75	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...	...
4	de 37,5 a 19,0	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
467	de 37,5 a 4,75	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...	...
5	de 25,0 a 12,5	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...	...
56	de 25,0, a 9,5	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...	...
57	de 25,0 a 4,75	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...	...
6	de 19,0 a 9,5	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...	...
67	de 19,0 a 4,75	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...
7	de 12,5 a 4,75	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...	...
8	de 9,5 a 2,36	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	...
89	de 9,5 a 1,18	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9 [A]	de 4,75 a 1,18	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

[A] Al árido con número de tamaño 9, se lo define en la NTE INEN 694 como árido fino. Se lo incluye como árido grueso cuando está combinado con un material con número de tamaño 8 para crear el número de tamaño 89, que es árido grueso según se define en la NTE INEN 694.

- Anexo 2

Tabla 3 INEN 872

TABLA 3. Límites para sustancias perjudiciales y requerimientos de propiedades físicas para el árido grueso del hormigón

Las condiciones de intemperismo son definidas de la siguiente manera (ver numeral 3):
(S) Condición de intemperismo severo. Un clima frío donde el hormigón está expuesto a productos químicos descongelantes u otros agentes agresivos, donde el hormigón puede saturarse por contacto continuo con humedad o agua libre antes de cada ciclo de congelamiento y descongelamiento.
(M) Condición de intemperismo moderado. Un clima donde se espera congelamiento ocasional, pero donde el hormigón en servicio a la intemperie no esté continuamente expuesto a congelamiento y descongelamiento en presencia de humedad o de productos químicos descongelantes.
(N) Condición de intemperismo nulo. Un clima donde el hormigón está raramente expuesto al congelamiento en presencia de humedad.

Designación de clase	Tipo o ubicación de la construcción de hormigón	Máximo permisible, %						
		Terrones de arcilla y partículas desmenuzables	Chert [B] (gr. esp. SSS menor de 2,40)	Total de terrones de arcilla, partículas desmenuzables y chert (gr. esp. SSS menor de 2,40)	Material más fino que 75 µm	Carbón y lignito	Valor de la degradación (%)[A]	Solidez de los áridos mediante el sulfato de magnesio (5 ciclos) [a]
Condición de intemperismo severo								
1S	Zapatas, fundaciones, columnas y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---
2S	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
3S	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	5,0	7,0	1,0 [C]	0,5	50	18
4S	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo.	3,0	5,0	5,0	1,0 [C]	0,5	50	18
5S	Hormigón arquitectónico expuesto	2,0	3,0	3,0	1,0 [C]	0,5	50	18
Condición de intemperismo moderado								
1M	Zapatas, fundaciones, columnas, y vigas no expuestas a la intemperie, losas de pisos interiores que van a ser revestidas	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---
2M	Pisos interiores sin revestimiento	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
3M	Muros de fundación sobre el nivel del terreno, muros de retención, estribos, pilares, vigas principales y vigas expuestas a la intemperie	5,0	8,0	10,0	1,0 [C]	0,5	50	18
4M	Pavimentos, tableros de puentes, caminos y bordillos, senderos, patios, pisos de garaje, pisos expuestos y terrazas o estructuras frente al agua, sujetas a humedecimiento continuo	5,0	5,0	7,0	1,0 [C]	0,5	50	18
5M	Hormigón arquitectónico expuesto	3,0	3,0	5,0	1,0 [C]	0,5	50	18
Condición de intemperismo nulo								
1N	Losas sujetas a la abrasión del tráfico, tableros de puentes, pisos, senderos, pavimentos	5,0	---	---	1,0 [C]	0,5	50	---
2N	Todas las demás clases de hormigón	10,0	---	---	1,0 [C]	1,0	50	---

[A] Se excluyen de los requisitos del valor de la degradación de la escoria de altos hornos enfriada al aire y triturada. La masa unitaria de escoria de altos hornos enfriada al aire y triturada, obtenida mediante el procedimiento por varillado o mediante el procedimiento por sacudidas, no debe ser menor que 1 120 kg/m³. La granulometría de la escoria utilizada en el ensayo de masa unitaria debe ajustarse a la granulometría que se utilizará en el hormigón. Se debe determinar el valor de la degradación de la grava, grava triturada o piedra triturada en el tamaño o tamaños de ensayo más aproximados con la granulometría o granulometrías que se utilizarán en el hormigón. Cuando se vaya a utilizar más de una granulometría, se debe aplicar el límite del valor de la degradación a cada una.

[a] El límite admisible para la solidez, cuando se utiliza sulfato de sodio, debe ser de 12%.

[C] Este porcentaje bajo cualquiera de las siguientes condiciones: (1) puede ser aumentado en 1,5 si el material está esencialmente libre de arcilla o lutita o (2) si se conoce que la fuente del árido fino que va a ser utilizado en el hormigón contiene menos que la cantidad máxima especificada que pasa el tamiz de 75 µm (ver tabla 1). Se puede aumentar el límite del porcentaje (L) de la cantidad en el árido grueso a L = 1 + [(P)/(100 – P)] (T – A), donde P = porcentaje de arena en el hormigón como un porcentaje del árido total, T = límite indicado en la tabla 1 para la cantidad permitida en el árido fino y A = cantidad real en el árido fino. (Esto proporciona un cálculo ponderado diseñado para limitar la cantidad máxima de material que pasa el tamiz de 75 µm en el hormigón, a aquel que se obtendría si los áridos, fino y grueso, fueran suministrados con el porcentaje máximo tabulado para cada uno de estos ingredientes).

[B] También conocido como Horstero.

- Anexo 3

Registro fotográfico, ensayos a 7 días.







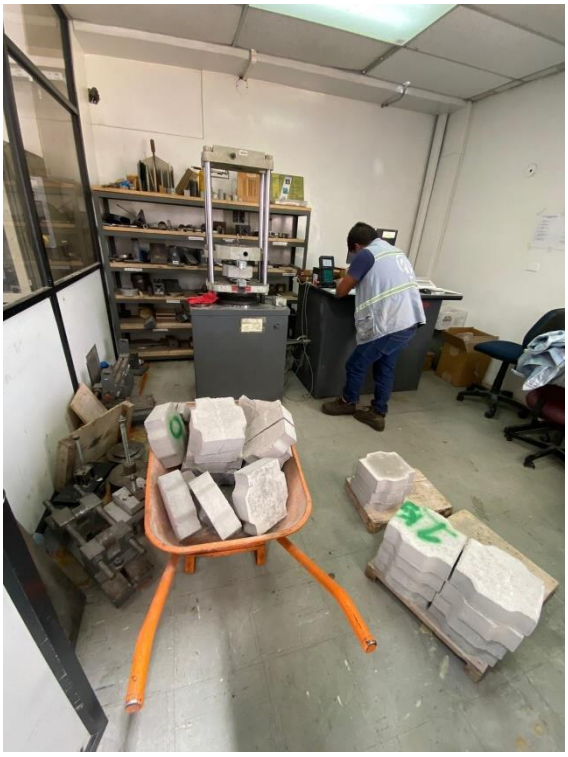


Registro fotográfico, ensayos a 14 días.





Registro fotográfico, ensayos a 28 días.





Bibliografía

INEN 3040. (abril de 2016). *nte_inen_3040.* Obtenido de nte_inen_3040.: https://vipresa.com.ec/wp-content/uploads/2019/02/nte_inen_3040.pdf

Burbano, J., & Jimenez , J. (s.f.). *tesis cabezas encalada.* Obtenido de tesis cabezas encalada:

CONCRETE BLOCK. (s.f.). *CONCRETE BLOCK*. Obtenido de CONCRETE BLOCK: https://concrete-block.negocio.site/

INEN 1485. (1987). *normalizacion.gob.ec.* Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1485.pdf

INEN 1488. (1986). *INEN 1488.* Obtenido de INEN 1488: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1488.pdf

INEN 1548. (s.f.). *Instituto ecuatoriano de normalización.* Obtenido de normalizacion inen: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_0-1.pdf

INEN 855. (s.f.). *Normalización INEN.* Obtenido de Instituto ecuatoriano de normalización: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

INEN 872. (2011). *Normalización INEN.* Obtenido de INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_0-1.pdf

INEN 872. (s.f.). *Instituto ecuatoriano de normalización* . Obtenido de Normalización INEN: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_0-1.pdf

INEN 8721. (s.f.). *Normalizacion INEN*. Obtenido de INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN: https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_0-1.pdf

Pabón, N. (s.f.). *Universidad Politecnica Salesiana* . Obtenido de Universidad Politecnica Salesiana : https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5044

Prenac. (s.f.). *Mercado libre*. Obtenido de Mercado libre : https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-513058690-adoquin-hexagonal-adoquin-de-calle-adoquin-clasico-_JM#position=1&search_layout=stack&type=item&tracking_id=83f65da7-08af-4bac-a9d4-24aac1cceabf