

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto
incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado**

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

AUTOR

Ani Yudit Arevalo Inga

ASESOR

Fidel Ortiz Zapata

<https://orcid.org/0000-0002-1239-7290>

Chiclayo, 2025

**Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de
concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular
pesado**

PRESENTADA POR
Ani Yudit Arevalo Inga

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Mario Antonio Martinez Fiestas
PRESIDENTE

Jose Alberto Acero Martinez
SECRETARIO

Fidel Ortiz Zapata
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres, pilares fundamentales en mi vida, quienes con su amor incondicional y sacrificio constante han hecho posible cada uno de mis logros. A mi mamá, por sus noches de desvelo junto a mí, por ser mi primera maestra y mi refugio en los momentos difíciles. A mi papá, por enseñarme con su ejemplo el valor del trabajo duro y la perseverancia, por impulsarme siempre a dar lo mejor de mí. A mi hermano, por su apoyo moral y complicidad que me han dado la fortaleza para seguir adelante en cada nuevo reto

Agradecimientos

Mi más profunda gratitud a Dios, por guiar cada uno de mis pasos y bendecirme con una familia maravillosa.

A mis padres, por su apoyo incondicional tanto moral como económico, por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Sus palabras de aliento han sido el motor que me impulsa a seguir creciendo profesionalmente.

A mi hermano, por estar siempre presente, acompañándome y brindándome su apoyo en los momentos cruciales de mi formación académica.

A mi asesor, por su valiosa orientación y dedicación durante todo el desarrollo de esta investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos. Su paciencia y compromiso con la excelencia académica han sido una inspiración constante.

A la universidad y a todos los docentes que contribuyeron en mi formación profesional, compartiendo sus conocimientos y experiencias que hoy hacen posible este logro.

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
4	issuu.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Ganchai Tanapornraweekit, Hakas Prayuda, Suphawit Untimanon, Somnuk Tangtermsirikul. "Experimental investigation on flexural performance and damage behaviors of corroded aramid fiber reinforced concrete hybrid beams", Structures, 2025 Publicación	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
11	idoc.pub	

Índice

Resumen	12
Abstract	13
Introducción.....	14
Revisión de literatura.....	16
Bases teóricas	19
Materiales y métodos	47
Resultados y discusión	80
Conclusiones	96
Recomendaciones	97
Referencias.....	98
Anexos	99

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Contenidos de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado – concreto con y sin aire incluido.....	19
Ilustración 2 Deformaciones en el coeficiente de Poisson.....	22
Ilustración 3 Dimensionales del adoquín	23
Ilustración 4 Diagrama del ensayo para determinar la tracción por flexión en adoquines	24
Ilustración 5 Principales consumidores de la Fibra de Aramida 2023-2030.....	26
Ilustración 6 Resumen esquemático de la microestructura de múltiples escalas para un diámetro de 12um de la fibra de aramida	27
Ilustración 7 Ficha técnica de la fibra de aramida kevlar.....	28
Ilustración 8 Equipo: Rodillo giratorio para determinar el desgaste.....	45
Ilustración 9 Cantera para arena: La Victoria- Pátapo	54
Ilustración 10 Cemento Tipo MS (HS) FORTIMAX- PACASMAYO.....	54
Ilustración 11 Pasos para obtener la fibra Kevlar 20	55
Ilustración 12 Molde para adoquines de (20 x 10 x 8) cm.....	56
Ilustración 13 Molde para vigas prismáticas.....	56
Ilustración 14 Procedimiento: Granulometría del confitillo	57
Ilustración 15 Procedimiento: Granulometría de la arena.....	57
Ilustración 16 Datos del P.U. de la Arena	58
Ilustración 17 Procedimiento P.U. del confitillo.....	59
Ilustración 18 Pesos obtenidos P. U. C. del Arena.....	59
Ilustración 19 Procedimiento: Peso Unitario Compactado del confitillo.....	60
Ilustración 20 Procedimiento para contenido de humedad De la arena	61
Ilustración 21 Procedimiento para contenido de humedad Agregado Grueso	61
Ilustración 22 Procedimiento: Peso Específico y absorción del de la arena	62
Ilustración 23 Procedimiento: Peso Específico y absorción del confitillo.....	63
Ilustración 24 Procedimiento: Durabilidad por Sulfato de Magnesio para la arena y el confitillo.	64
Ilustración 25 Especímenes para diseño optimo	65
Ilustración 26 Elaboración de adoquines	69
Ilustración 27 Mezcla de los materiales para adoquines	69
Ilustración 28 Procedimiento: Toma de medidas de los adoquines	71
Ilustración 29 Adoquines para Resistencia a Compresión	73

Ilustración 30 Adoquines a usar	74
Ilustración 31 Adoquines para determinar la absorción (muestra patrón)	75
Ilustración 32 Muestreo para determinar la abrasión del adoquín	76
Ilustración 33 Procedimiento: Cambio de longitud por sulfato de sodio	77
Ilustración 34 Especímenes expuesto a sulfatos	78
Ilustración 35 Comparación de la resistencia a compresión para el diseño optimo.....	83
Ilustración 36 Curva comparativa de la resistencia a compresión para 7 y 28 días.....	86

Lista de Tablas

Tabla 1 Tolerancias dimensionales	22
Tabla 2 Parámetros normalizados para la absorción del adoquín	23
Tabla 3 Espesor y resistencia a compresión.....	23
Tabla 4 Tipos de fibra aramida Kevlar y sus propiedades	28
Tabla 5 Slumps recomendados.....	29
Tabla 6 Agua de la mezcla y contenido de aire requerido con relación al slump y TMN del agregado	30
Tabla 7 Relación agua/ cemento con relación al F'c	30
Tabla 8 Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto	31
Tabla 9 Material para análisis granulométrico y ensayos rutinarios- cantidad para las muestras	31
Tabla 10. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.....	32
Tabla 11 Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	33
Tabla 12 Granulometría del de la arena	35
Tabla 13 Contenido de humedad: Masa de la muestra.....	37
Tabla 14 Tamices para determinar la durabilidad de la arena y agregado grueso	39
Tabla 15 Variable independiente de la investigación.....	48
Tabla 16 Variable dependiente de la investigación.....	49
Tabla 17 Variables intervinientes de la investigación.....	49
Tabla 18 Población – adoquines.....	50
Tabla 19 Población: Especímenes para la durabilidad por sulfato de magnesio	50
Tabla 20 Población: Especímenes cilíndricos para el coeficiente de Poisson	51
Tabla 21 Adición de la fibra de aramida en porcentajes de volumen	53
Tabla 22 Variación de resistencia para relaciones agua - cemento del PCA	53
Tabla 23 Datos: Granulometría del confitillo y la arena	58
Tabla 24 Datos del Peso Unitario Suelto de la arena y del confitillo.....	59
Tabla 25 Datos del Peso Unitario Compactado del Arena.....	60
Tabla 26 Datos: Contenido de humedad del de la arena	61
Tabla 27 Datos: Peso Específico y absorción de la arena	62
Tabla 28 Datos: Peso Específico y absorción del confitillo.....	63
Tabla 29 Datos para ensayo de sulfato de magnesio de la arena y confitillo.....	64
Tabla 30 Datos para determinar el a/c optimo	65

Tabla 31 Datos de la resistencia a compresión para el diseño optimo	66
Tabla 32 Volumen de los moldes	66
Tabla 33 Materiales para cada molde	67
Tabla 34 Materiales para adoquines	67
Tabla 35 Materiales para especímenes cilíndricas	68
Tabla 36 Materiales para especímenes de sulfato	68
Tabla 37 Datos para realizar el slump del concreto incorporando FK	70
Tabla 38 Datos: Temperatura del concreto	70
Tabla 39 Datos para obtener la densidad del concreto	71
Tabla 40 Datos obtenidos de las medidas de los adoquines	72
Tabla 41 Datos: Resistencia a compresión del adoquín a 7 y 28 días	73
Tabla 42 Datos: Resistencia a tracción por flexión del adoquín	74
Tabla 43 Datos para determinar la absorción del adoquín a los 7 días de curado	75
Tabla 44 Adoquines sometido a abrasión	76
Tabla 45 Datos: Desgaste por abrasión	77
Tabla 46 Datos: Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos	78
Tabla 47 Procedimiento: Coeficiente de Poisson	79
Tabla 48 Datos: Coeficiente de Poisson	79
Tabla 49 Caracterización de los agregados	80
Tabla 50 Curva granulométrica de la arena	80
Tabla 51 Curva granulométrica del agregado grueso	81
Tabla 52 Resultados: Inalterabilidad de los agregados por medio de sulfato de magnesio	81
Tabla 53 Asentamiento del concreto para el diseño optimo	82
Tabla 54 Resultados: Resistencia a compresión promedio el diseño optimo	82
Tabla 55 Resultados: Slump del concreto adicionando FK	84
Tabla 56 Resultados: Temperatura del concreto incorporando FK	84
Tabla 57 Resultados: P.U. del concreto incorporando FK	84
Tabla 58 Resultados: Variación dimensional incorporando FK	85
Tabla 59 Tolerancias dimensionales del adoquín	85
Tabla 60 Cuadro resumen de la resistencia a compresión para 7 y 28 días de curado en adoquines	86
Tabla 61 Resultados: Resistencia a la tracción por flexión incorporando FK	87
Tabla 62 Absorción promedio de los adoquines de 7 y 28 días	87
Tabla 63 Resultados: Desgaste por abrasión	88

Tabla 64 Variación longitudinal.....	88
Tabla 65 Resultados: Desviación estándar en el cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos	89
Tabla 66 Resistencia a compresión adicionando FK	90
Tabla 67 R. tracción por flexión.....	90
Tabla 68 Absorción de los adoquines	91
Tabla 69 Desgaste por abrasión en adoquines	92
Tabla 70 ACU para adoquín patrón -M0	92
Tabla 71 ACU para adoquín patrón con 0.2% -M1	93
Tabla 72 ACU para adoquín patrón con 0.3% -M2	93
Tabla 73 ACU para adoquín patrón con 0.4 -M3.....	94

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1 Peso unitario suelto	35
Ecuación 2 Peso unitario compactado.....	36
Ecuación 3 Contenido de humedad - NTP 339.185	37
Ecuación 4 Peso específico de masa	38
Ecuación 5 Peso específico de masa con superficie seca.....	38
Ecuación 6 Peso específico aparente.....	38
Ecuación 7 Determinar la absorción del agregado.....	38
Ecuación 8 Densidad del concreto	41
Ecuación 9 Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfato de magnesio.....	42
Ecuación 10 Absorción del adoquín.....	43
Ecuación 11 Resistencia a compresión	44
Ecuación 12 Resistencia a la flexotracción	44
Ecuación 13 Deformación transversal del espécimen.....	47

Resumen

La presente investigación evaluó la influencia de la fibra de aramida en las propiedades físicas y mecánicas de adoquines de concreto para tránsito vehicular pesado. Se desarrolló un estudio experimental incorporando tres diferentes dosificaciones de fibra de aramida en la mezcla de concreto, comparándolas con una muestra patrón. Se analizaron las propiedades en estado fresco (Slump, peso unitario y temperatura) y en estado endurecido (resistencia a compresión, tracción por flexión, absorción, resistencia a sulfatos y resistencia a la abrasión). Los resultados más significativos mostraron un incremento del 7.5% en la resistencia a la compresión con la adición del 0.4% de fibra kevlar 20, una reducción del 0.3% en la abrasión del adoquín con respecto a la muestra patrón e incremento en la resistencia de tracción por flexión de 1.12 Mpa con respecto a la muestra sin adición. Adicionalmente, se realizó un análisis de costos unitarios para evaluar la viabilidad económica de la incorporación de esta fibra en la producción de adoquines. Las conclusiones demostraron que la dosificación óptima fue es 0.4% y 0.3%, logrando un balance entre mejora de propiedades.

Palabras clave: Fibra de aramida, Kevlar 20, adoquines de concreto, resistencia a la compresión, tránsito vehicular pesado, resistencia a la abrasión.

Abstract

The present research evaluated the influence of aramid fiber on the physical and mechanical properties of concrete pavers for heavy vehicular traffic. An experimental study was developed incorporating three different dosages of aramid fiber in the concrete mixture, comparing them with a control sample. Properties were analyzed in fresh state (Slump, unit weight, and temperature) and hardened state (compressive strength, flexural tensile strength, absorption, sulfate resistance, and abrasion resistance). The most significant results showed a 7.5% increase in compressive strength with the addition of 0.4% Kevlar 20 fiber, a 0.3% reduction in paver abrasion compared to the control sample, and an increase in flexural tensile strength of 1.12 MPa compared to the sample without addition. Additionally, a unit cost analysis was performed to evaluate the economic viability of incorporating this fiber in paver production. The conclusions demonstrated that the optimal dosage was 0.4% and 0.3%, achieving a balance between property improvements.

Keywords: Aramid fiber, Kevlar 20, concrete pavers, compressive strength, heavy vehicular traffic, abrasion resistance

Introducción

Los adoquines se han utilizado desde hace siglos para pavimentar. Originalmente permitían un tránsito rápido de carruajes. El concreto revolucionó la producción de adoquines a finales del siglo XIX, otorgando mejores propiedades y convirtiéndolos en uno de los materiales decorativos más versátiles para diversos espacios. Con el pasar de los años se fue evolucionando su fabricación, incorporando nuevos materiales que aumentaron su resistencia, dureza y ciclo de vida. Hoy en día, los adoquines de concreto son ampliamente utilizados en la construcción de pavimentos por ser más económicos, trabajabilidad, durabilidad, resistencia y estética [1]. Además, cabe recalcar que el mantenimiento y las reparaciones es más práctico ya que se trabaja por unidades cuando requieren ser reparadas y se puede hacer de manera manual.

Uno de los problemas en el tránsito a nivel nacional son las malas condiciones en las que se encuentran los pavimentos articulados generalmente son adoquines, ya que cada vez es más frecuente la baja contribución de las propiedades físicas y mecánicas ante la fatiga vehicular, y esta se caracteriza por transmitir fuerzas verticales y horizontales generando presión entre ellos llegando a provocando fisuras, fracturas, desgaste y a la vez produciendo pérdida de material e incrustaciones de objetos y exposición de los agregados que generalmente son causadas por la abrasión de las llantas [2].

Han realizado numerosas investigaciones con diferentes adiciones de fibras en el adoquín buscando mejorar sus propiedades físicas y mecánicas buscando no reemplazar y cambiar la totalidad de las unidades en la pavimentación. Esta investigación busca obtener los mejores resultados en sus propiedades por lo que se consideró incorporar la fibra de aramida en los adoquines.

La fibra de aramida es considerada como fibra sintética de alto rendimiento debido a sus excelentes propiedades como: Resistencia térmica, baja densidad específica, alto aislamiento térmico, eléctrico y acústico, además resistente al corte y a la tracción. Se usan en tecnologías avanzadas como adición o sustituto de metales y cerámicas [3]. Así mismo, la fibra de aramida es considerada hoy en día como adición en el concreto, proporcionando un material más homogéneo, con una resistencia mayor a la tracción, disminuyendo la fisuración, mejorando la tenacidad y el comportamiento al impacto; cada día está aumentando la investigación del uso de la fibra en la industria de la construcción, como sustituto del acero [4]. Por consiguiente, este material es aplicable en el concreto.

Al representar la situación problemática y considerando los antecedentes que buscan mejorar las propiedades del concreto con la fibra de aramida nos planteamos la siguiente pregunta de

investigación: ¿La incorporación de la fibra de aramida en los adoquines de concreto mejora las propiedades físicas y mecánicas para tránsito vehicular pesado?

Entonces en esta investigación se pretende demostrar que la incorporación de la fibra de aramida en adoquines de concreto mejora las propiedades físicas y mecánicas para tránsito vehicular pesado.

Consecuentemente, se consideró como objetivo general evaluar la influencia de la fibra de aramida en las propiedades físicas y mecánicas de los adoquines de concreto para tránsito vehicular pesado.

Y como objetivos específicos a ejecutar se consideraron los siguientes: Determinar el Slump y peso unitario al incorporar la fibra de aramida en el concreto. Determinar la temperatura al incorporar la fibra de aramida en el concreto. Evaluar la resistencia a compresión, tracción por flexión y absorción del adoquín al incorporar fibra de aramida. Evaluar la resistencia a los sulfatos al incorporar fibra de aramida al concreto. Determinar la resistencia a la abrasión del adoquín al incorporar fibra de aramida. Determinar el costo unitario de la fabricación del adoquín al incorporar fibra de aramida. Comparar las propiedades físicas y mecánicas entre la muestra patrón y aquella con fibra de aramida.

Para realizar esta investigación se tuvo como referencia las siguientes consideraciones:

Desde el punto ambiental se destaca la durabilidad, resistencia y su buen rendimiento que aporta la fibra de aramida, y eso hace que se reduzca el consumo de recursos naturales a lo largo del tiempo, cabe resaltar que no son corrosivas.

Desde el punto económico, los adoquines tienen un bajo costo de mantenimiento más aun cuando se mejoran sus propiedades teniendo menos posibilidades de remplazarlos en base a su vida. Así como la facilidad en la colocación y desinstalación hace que sea menos la presencia de mano de obra calificada e innecesario demoler la capa de rodadura para realizar trabajos de mantenimiento de agua y desagüe como sucede con los pavimentos flexibles o rígidos.

Finalmente, esta investigación contribuirá a futuras investigaciones que tengan como base la fibra de aramida en pavimentos intertrabados de concreto. Así mismo, beneficia a la población ya que al mejorar sus propiedades del adoquín permitirá que sea mayor su vida útil y menos inversión en el manteniendo.

Revisión de literatura

B. Oni, J. Xia y M. Liu, [5], tuvieron como objetivo investigar el comportamiento mecánico y permeable de los ladrillos de concreto permeable (PC) adicionando diferentes fibras: Kevlar, alcohol polivinílico (PVA) y (UHMWPE) fibras de polietileno de peso molecular ultra alto. Buscaron determinar las propiedades mecánicas y la permeabilidad. Elaboraron muestras sin fibras para su control y las adiciones de 0.2%, 0.3% y 0.4% en volumen para cada tipo de fibra. Utilizaron cemento Portland tipo I, agua potable, relación agua cemento (a/c) de 0.33, piedra caliza triturada con TMN entre 5mm y 10 mm y fibras de 6mm, 18mm y 12mm de longitud que dependía de la disposición del material. Ejecutaron 72 muestras de 40mm x 40mm x 160mm y 96 ladrillos de PC de 200mm x 100mm x 60mm. El peso de la fibra para cada lote dependió del volumen y la densidad de la fibra. Las fibras tuvieron las siguientes resistencias a compresión: 47% para Kevlar, 21.5% para PVA y 18.8% UHMWPE en comparación al control. La resistencia a tracción fue del 26% para Kevlar, 7.3% para PVA y 17.6% UHMWPE en comparación con el control. Las fibras que aportaron mayor porosidad y permeabilidad fueron de 34.2% y 0.386 cm/s para Kevlar, con 25.5% y 0.245 cm/s para PVA, 29.7% y 0.277 cm/s para UHMWPE. Concluyendo que la adición de Kevlar tuvo mayor efecto positivo en la resistencia a la flexión, porosidad y permeabilidad.

Mientras que Roldán y Hernández [6] estudiaron la incorporación de fibras de aramida Kevlar® 29 en mezclas de concreto para pavimentos rígidos, utilizando materiales locales de la región de Portoviejo, Ecuador. Prepararon 36 muestras de concreto con cinco porcentajes de adición de fibras: 0.0% (muestra de referencia), 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1%. Luego ejecutaron pruebas en estado plástico y endurecido a los 7, 14 y 28 días de curado. En el estado fresco observaron que a mayor contenido de fibras menor era la trabajabilidad, recalando que las muestras con más de 0.8% de fibras fueron muy difíciles de mezclar. Destacó que la densidad aumentó ligeramente con la adición de la fibra hasta 0.4%, pero disminuyó a partir de 0,6% debido al aumento de vacíos. Señalo que, las resistencias a compresión, tracción indirecta y flexión a los 28 días, todas las mezclas con fibras mostraron un incremento respecto a la muestra de referencia. El máximo aumento se obtuvo con la adición de 0.4% de fibras: 31.12% más en la resistencia a compresión, 23.20% más a tracción indirecta y 43.20% más a flexión. Mientras que los porcentajes superiores al 0.4%, la resistencia comenzó a disminuir levemente debido al aumento de vacíos de aire en la mezcla. En conclusión, la incorporación de fibras de aramida Kevlar® 29 mejoró considerablemente las propiedades mecánicas del concreto, siendo el porcentaje óptimo la adición del 0,4%, donde se obtuvieron los mayores incrementos de resistencia sin afectar significativamente la trabajabilidad.

De acuerdo con Li et al [7] ejecutaron una investigación de las propiedades mecánicas del concreto al adicionar la fibra Kevlar® 29 y carbono. Se enfocaron principalmente en analizar el efecto en las propiedades mecánicas estáticas y dinámicas del concreto. En cuanto a la mezcla del concreto usaron una relación a/c de 0.6, incorporaron las fibras en 1% con respecto al peso del cemento de la siguiente manera: (100 y 0, 80 y 20, 60 y 40, 50 y 50, 40 y 60, 20 y 80, 0 y 100) %. La longitud de la fibra Kevlar® 29 fue de 12 mm mientras que de carbono 24 mm, utilizaron el método neumático para la dispersión uniforme. De esta manera obtuvieron la mejor resistencia con la adición 60% carbono y 40% Kevlar logrando un 48% en relación con la muestra control. Mientras a flexión fue con la adición 40 % kevlar y 60% carbono con un aumento del 51%, y la adición de 50% y 50% incremento 46% con respecto a la muestra control. Y la resistencia a tracción fue con 50% en las dos adiciones lo cual desarrollo 30% con respecto a la muestra control. Detallaron que el asentamiento fue de 70 a 80 mm, indicando que la adición no comprometió la trabajabilidad de manera significativa. Finalmente concluyeron que la mejor adición es 50% en las dos muestras da mejores resultados en las propiedades mecánicas en el concreto, proyectando las aplicaciones que requieran alta resistencia al impacto y durabilidad en pistas de aeropuertos, pavimentos rígidos, presas y pilares de puentes.

Según P. Jongvivatsakul et al [8] investigaron las propiedades del concreto reforzado con fibra de aramida – AFRC, y la influencia del mortero reforzado con fibra de aramida (AFRM) en la reparación de las vigas corroídas. Trabajaron con 30mm, 40 mm y 50 mm, relación a/c = 0.48 para el AFRC y para el Mortero a/c = 0.40 (AFRM), incorporación del 1% en porcentaje de volumen. Lograron obtener una longitud optima de 40 mm en la resistencia la tracción directa para el AFRC de 2.92 Mpa, mientras que la resistencia a compresión fue de 32 Mpa en la muestra control, pero de 41.2 Mpa para la longitud de 30 mm como optima; estos ensayos no involucraron acero de refuerzo. De las muestras reparadas de tiene AFRM a compresión de 56.5 Mpa y a tracción 2.82 Mpa mientras que en HPM (Mortero de alto rendimiento) tuvo una resistencia a compresión de 32.7 Mpa y a tracción 1.40. Finalmente pudieron demostrar que las vigas corroídas reparadas con el mortero demostraron capacidad de cargas y ductilidad restauradas y el ancho de las grietas disminuyo en el entorno agresivo.

Mientras que J. Zhang et al [9] investigaron los efectos de la fibra de carbono (FC) y la fibra de aramida (FA), y la combinación de ellas (Hibrido) en la resistencia al agrietamiento del concreto denominado concreto reforzado con fibras. Adicionaron 0.3%, 0.6% y 0.9% en volumen y así mismo consideraron una muestra control. Elaboraron 87 especímenes para el ensayo de resistencia a compresión de 150mm x 150 mm x 300 mm. Los resultados obtenidos de la resistencia a compresión del FA fueron de 39,5 Mpa, 44,3 Mpa y 36.9 Mpa, para FC 39.3

Mpa, 41.9Mpa y 37.8 Mpa, mientras que el híbrido fue de 39.4 Mpa, 42.4 Mpa, 40.5 Mpa, pero la muestra control tuvo 40.4 Mpa. Concluyeron que la fibra de aramida da un incremento a la resistencia, pero disminuyó al incrementar el contenido por lo que tomaron como adición óptima de 0.6%.

Si mismo Tran Nghia P. et al [10], con la finalidad de investigar el efecto de la incorporación de diferentes combinaciones de fibras recicladas de textiles (Kevlar/ Nomex, Kevlar/Nylon y Nomex/Nylon) en las propiedades mecánicas y de retracción de morteros cementicios. La adición de fibra fue del 0.3% en volumen, los ensayos a los que fueron sometidos fueron: Resistencia a la compresión donde la mezcla de fibras Kevlar/Nomex tuvo 4.8% más resistente que el control, mientras que las fibras Kevlar/Nylon tuvo 5.9%. Para la resistencia a la flexión las fibras Kevlar/Nomex tuvo 12% más que el control y las fibras Kevlar/Nylon 13.4%, los dos ensayos fueron realizados a los 28 días. Teniendo las comparaciones pudieron concluir que la incorporación de fibras de textiles reciclados en especial la combinación Kevlar/Nylon puede mejorar el desempeño mecánico de morteros cementicios.

Finalmente, Nie et al. [11] investigaron la acción de la adición de la fibra de aramida (AF) de 12 μm y carbono (CF) de 7 μm en las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia temprana (HESCM). Los cuales prepararon unidades de muestreo de 0 (muestra N) 0.1%, 0.2%, 0.3% en porcentajes de volumen para cada una de las fibras. Evaluaron los ensayos de compresión con especímenes en forma de cubo de 70.7 mm de lado y a tracción en forma de ocho, todos a los 7 días de curado. Obtuvieron la resistencia a la tracción para AF fue de 67.38%, 72.96% y 89.79% con respecto a N, y para CF 17.32%, 37.08% y 69.66% con respecto a N, de este modo la AF tuvo un incremento de 50.06%, 35.88% y 20.13% respecto a la CF con los mismos contenidos de adición. Mientras en la resistencia a compresión para AF tuvieron 8.83%, 14.31% y 19.16% con respecto a N, para CF fue de 3.31%, 8.56% y 12.86% con respecto a la N, observaron un incremento en AF 5.52%, 5.75% y 6.3% con respecto a CF. Finalmente concluyeron que, a mayor cantidad de adición, más significativa será la mejora. De acuerdo con los resultados la fibra de aramida produce mejores propiedades de efectos de mejor que la fibra de carbono y la muestra control. Se tomó este aporte ya que se realizó ensayos de compresión.

Bases teóricas

Tránsito vehicular pesado. Es aquel que tiene un número de vehículos acumulado equivalente a ejes sencillo de 8.2 toneladas, en una vida útil de diseño, mayor de 5×10^6 según la NTP 399.611. De acuerdo con el Manual de carreteras, en la sección suelos y pavimentos en el cuadro 13.8: Valores de espesores mínimo de adoquín de concreto, ya que se va a realizar con un espesor de 80 mm entonces los Ejes equivalentes acumulados es de 150 001 a 7 500 000.

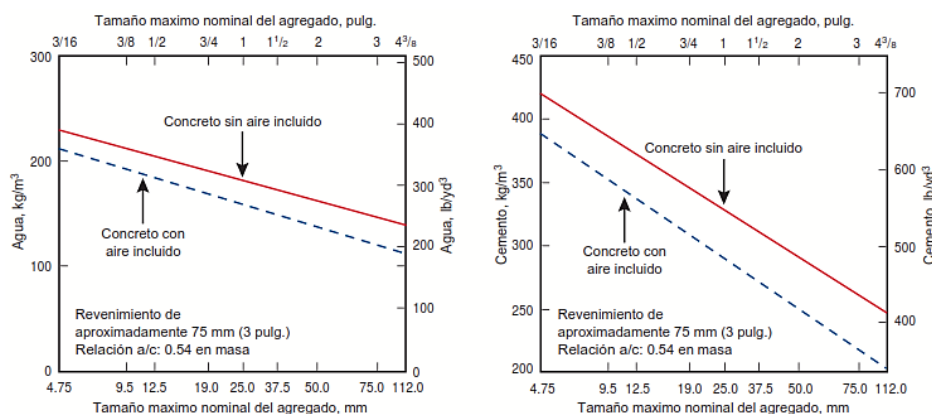
Concreto. De acuerdo con Tanesi et al [12], el concreto es un material fundamental en la construcción, destacando por su adaptabilidad, resistencia y bajo costo. Su aplicación es extensiva, abarcando desde infraestructura vial hasta edificaciones residenciales.

En su composición más básica, el concreto resulta de combinar agregados con una pasta. Esta última se forma al mezclar cemento portland con agua, la cual actúa como aglutinante para unir los agregados (típicamente arena y grava). Al producirse una reacción química entre el cemento y el agua, la pasta se endurece, formando una estructura similar a la roca. La mezcla puede enriquecerse con otros materiales cementantes y aditivos minerales.

Componentes del concreto. Agregado grueso. Los agregados naturales para el concreto son una composición de minerales y rocas. Típicamente proviene de grava natural cribada o triturada, ya sea de lechos de ríos o de canteras de piedra. La intemperie y el desgaste de las piedras producen partículas de piedra, grava, arena, limos y arcillas. En el agregado grueso el tamaño máximo es usualmente empleado de $\frac{3}{4}$ pulg a 1 pulg. Mientras que un agregado de tamaño intermedio es de $\frac{3}{8}$ pulg.

Para una mezcla de concreto con un aire atrapado del 3% recomienda la siguiente distribución 15% para cemento, 21% de agua, 30% de la arena y 31% de agregado grueso [12].

Ilustración 1 Contenidos de cemento y agua con relación al tamaño máximo del agregado – concreto con y sin aire incluido



Fuente: [12]

Agregado fino. También conocido como arena, posee especificaciones precisas en cuanto al tamaño de sus partículas para uso en construcción. En su composición, no debe exceder el 45% de material retenido entre dos tamices normalizados consecutivos. Se debe considerar que el paso del material por los tamices de 300um (N°50 y N°100) tiene un impacto directo sobre las propiedades del concreto, afectando específicamente la trabajabilidad, la exudación y el contenido de aire. Para su aplicación adecuada, el módulo de finura debe mantenerse en un rango específico, siendo superior a 2.3 e inferior a 3.1. [12].

Agua. El agua de mezcla debe estar sin contaminantes e impurezas para que no ocasione reacción química con el cemento, pero una mínima de las aguas potables cumple con los parámetros en calidad, producción y uso. [13]. El agua para curado puede ser de la misma fuente del agua de mezcla y con menos exigencias, pero sin sales, cloruros o sulfatos sin embargo el agua de lavado de mezcladoras puede usarse para el curado.

Cemento. El cemento constituye entre el 7% y 15% del volumen total en la mezcla del concreto. De acuerdo con la normativa NTP 334.001, el cemento hidráulico se obtiene mediante la pulverización del Clinker combinado con yeso, el cual incorpora sulfato de calcio durante el proceso de molienda. La clasificación del cemento portland se estructura en cinco tipos principales: El Tipo I se destina para uso general; el Tipo II se emplea en situaciones que requieren moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación; el Tipo III se selecciona cuando se necesita alta resistencia inicial; el Tipo IV se utiliza en construcciones que demandan bajo calor de hidratación; y el Tipo V se aplica en condiciones que exigen alta resistencia a los sulfatos.

También podemos encontrar cementos con adición de puzolanas y escorias ayudando a mejorar sus propiedades y según las necesidades y factores que va a estar expuesto como el HS para alta resistencia los sulfatos, MS que tiene una moderada resistencia los sulfatos, LH para bajo calor de hidratación según la NTP 334.082.

Propiedades del concreto

Asentamiento del concreto – slump. Es definido como la medida del asentamiento del concreto fresco usando el de cono de Abrams. Un valor alto de asentamiento indica que es un concreto más fluido además las partículas grandes de agregado flotan entorpeciendo el acabado. La exudación, es causada por el asentamiento de los sólidos tanto del cemento como de los agregados y la subida del agua hacia la superficie [12].

Densidad del concreto. La densidad o peso unitario del concreto está determinada por diversos factores, incluyendo la cantidad y densidad de los agregados utilizados, el volumen de incluido o aire atrapado, así como las proporciones de agua y cemento en la mezcla. El tamaño

máximo del agregado ejerce una influencia directa sobre las cantidades necesarias de agua y cemento. Se observa que la densidad aumenta cuando se incrementa la proporción de agregado y se disminuye la cantidad de pasta. Para su medición, la densidad del concreto en estado fresco se expresa en (kg/m^3) [12].

Determinación de la temperatura. La temperatura tiene influencia en las propiedades del estado fresco y endurecido del concreto. Usan termómetros de con precisión de ± 0.5 °C en el método de medición donde debe permanecer como mínimo 2 minutos y máximo 5 en el concreto. Para la alta resistencia inicial se debe considerar la más alta temperatura del concreto fresco. Para el concreto masivo la alta temperatura interna de puede controlar con: bajo contenido de cemento, agregado grueso, puzolanas, tuberías de enfriamiento. No se debe permitir que la temperatura interna del concreto no exceda más que 11 a 14 °C para presas e infraestructuras reforzadas para evitar la fisuración [12].

Resistencia del concreto expuesto a los sulfatos. Los sulfatos presentes en altas concentraciones en aguas subterráneas o suelos pueden deteriorar el concreto cuando no se implementan medidas preventivas adecuadas, como mantener una proporción reducida entre agua y materiales cementantes. Este fenómeno es particularmente intenso en estructuras de concreto que alternan entre estados húmedos y secos, como por ejemplo los cimientos y columnas.

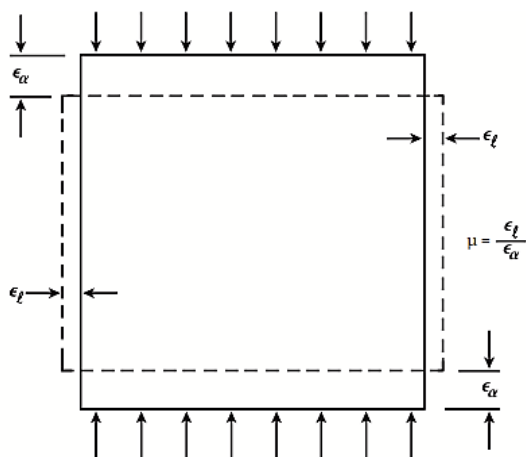
El mecanismo de daño se caracteriza por la dilatación del concreto, ocasionada ya sea por reacciones químicas que generan compuestos sólidos o por la cristalización de sales. En casos graves, la expansión puede superar significativamente el 0.1%, provocando daños considerables como agrietamientos severos y deterioro estructural [12].

Coefficiente de Poisson. Explica un fenómeno interesante en el concreto: cuando se aplica una fuerza de compresión en una sola dirección sobre un bloque de concreto, no solo se produce un acortamiento en la dirección de la fuerza, sino que también ocurre una deformación lateral que causa un ensanchamiento. El coeficiente de Poisson (μ) es precisamente la proporción entre estas dos deformaciones: la lateral y la axial.

Típicamente, este coeficiente tiene un valor entre 0.20 y 0.21, aunque puede oscilar entre 0.15 y 0.25. Esta variación depende de diversos factores como: los agregados utilizados, el nivel de humedad presente, el tiempo de curado del concreto y su resistencia a la compresión.

Si bien este parámetro (medido según las normas ASTM C 469) no es fundamental para la ingeniería estructural básica, cobra relevancia en análisis más especializados. Se utiliza principalmente en el estudio de estructuras específicas como: placas de piso planas, cubiertas tipo cascaron, presas en arco y losas de cimentación [12].

Ilustración 2 Deformaciones en el coeficiente de Poisson



Fuente: [12]

Pavimentos intertrabados o articulados. En el pasado, los pavimentos empedrados solían contar con una superficie compuesta por bloques de piedra, madera o ladrillo cocido. Se puede caracterizar su comportamiento como semiflexible de acuerdo con la Norma Técnica de Edificación CE.010 Pavimentos Urbanos.

Por lo que podemos decir que los adoquines de concreto son piezas prefabricadas que se utilizan en pavimentos por su durabilidad y resistencia, también ofrecen ventajas como la permeabilidad, fácil instalación y mantenimiento. En cuanto a su fabricación se usa concreto vibrocomprimido en recipientes, pero la puesta en obra puede ser mecánica o manual sobre una base uniforme y compactada [1].

De acuerdo con la NTP 399.611 se clasifica en: Los Tipo I para uso peatonal mientras que el tipo II para tránsito vehicular ligero y finalmente el tipo III para tránsito vehicular pesado, industriales, patios y contenedores.

Requisitos del adoquín puesta en obra

Variación dimensional. Al terminar la fabricación de los adoquines debemos tener en cuenta las tolerancias dimensionales que deben cumplir tanto para tipo I, II y III.

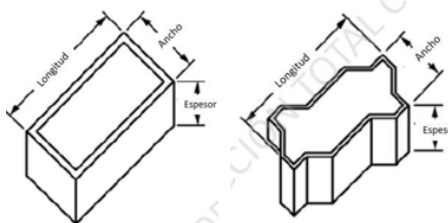
Tabla 1 Tolerancias dimensionales

Tolerancia dimensional, máx. (mm)		
Longitud	Ancho	Espesor
± 1.6	± 1.6	± 3.2

Fuente: NTP 399.611

Forma. Lo básico usualmente es de forma rectangular con borde liso, pero también se puede apreciar en forma cuadrada, poligonales, de bordes biselados o redondeados según el patrón que se desea usar [1]

Ilustración 3 Dimensionales del adoquín



Fuente: NTP 399.611

Absorción. Se considera como la capacidad del adoquín al absorber el agua, mientras más baja sea su porcentaje de absorción es mejor su resistencia a las grietas y erosión, contrario a esta llega a afectar la durabilidad [1]. De acuerdo con la NTP 399.11, indica que la absorción para el promedio de 3 unidades no deberá ser superior a 5% para tránsito peso (tipo III).

Tabla 2 Parámetros normalizados para la absorción del adoquín

Tipos de Adoquín	Absorción, máx. (%)	
	Promedio de 3 unidades	Unidad individual
I y II	6	7.5
III	5	7

Fuente: NTP 399.611

Resistencia a la compresión. Se considera como la máxima a cargar que puede soportar un material cuando este sometido a una carga de aplastamiento antes de fracturarse. En los adoquines se determinan ensayando muestras hasta llegar a la rotura y midiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal [14].

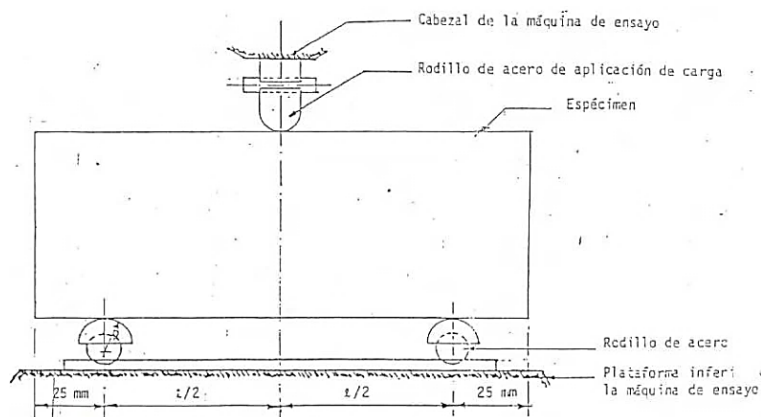
Tabla 3 Espesor y resistencia a compresión

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

Fuente: NTP 399.611

Resistencia a tracción por flexión. Evalúa la capacidad para resistir fuerzas que tienden a doblarlo o flexionar, se realiza al aplicar una carga en el centro del adoquín. La resistencia a la tracción por flexión no deberá ser menor a 4.9 MPa para adoquines tipo II según ITINTEC 339.124.

Ilustración 4 Diagrama del ensayo para determinar la tracción por flexión en adoquines



Fuente: ITINTEC 339.124.

Resistencia a la abrasión. Los pisos, carreteras y otras estructuras que almacenan agua necesitan ser muy resistentes al desgaste ya que están sometidos a un uso constante. Las investigaciones han demostrado que existe una estrecha relación entre qué tan resistente es el concreto a la presión y qué tan bien soporta el desgaste. Para lograr esto, es crucial usar la cantidad adecuada de agua al mezclarlo con el cemento (preferiblemente poca agua) y asegurarse de que el proceso de secado sea el correcto. [12].

Podemos decir que mide la pérdida de volumen cuando es sometido a una simulación de la fatiga del tránsito vehicular, alcanzando una mayor relevancia en el control de calidad. Según la NTP 399.611, se debe considerar como máximo 15 cm³/ 50 cm² mientras que la pérdida de espesor no debe exceder de 3mm.

Concreto vibrado. La vibración externa es una técnica de consolidación del concreto que se caracteriza por la aplicación de vibraciones desde el exterior de los recipientes en la prefabricación de los adoquines se usa la mesa vibratoria durante 1 a 2 minutos. Se usan en mezclas rígidas, mejora el acabado superficial permitiendo la consolidación en áreas de difícil acceso, no recomendado para concretos mayores de 75 mm. Una de las desventajas es que se corre el riesgo de segregación al aplicar mucho tiempo de vibrado [12].

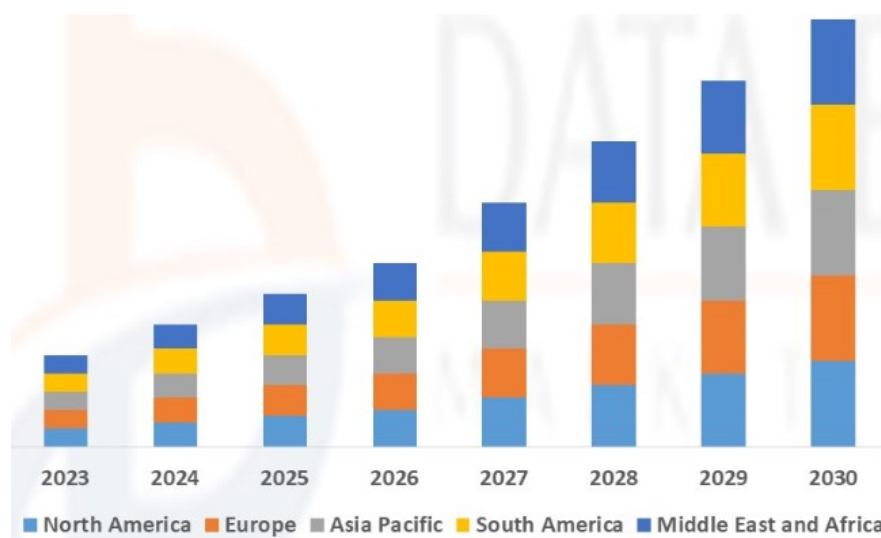
Fibras sintéticas. Las fibras sintéticas surgieron por la necesidad de sustituir materiales que deseaban en tiempos de guerra, como la seda o el caucho, pero también buscaban crear fibras más resistentes y fácil cuidado. Son consideradas polímeros orgánicos producidos mediante síntesis química. Principalmente son poliamida, poliésteres, poliolefinas, poliácridonitrilos,

poliuretanos y derivados. Se obtienen disolviendo los polímeros en diferentes sustancias y sometiéndolos a hilatura. El nailon fue la primera fibra totalmente sintética en los años 30, revolucionando el mundo textil [15].

Fibra de aramida. De acuerdo con García et al [16]. Las poliamidas o aramidas aromáticas son materiales orgánicos de alto rendimiento con buena resistencia térmica y mecánica conocidas como fibras sintéticas. Las aramidas comerciales más conocidas son: Kevlar, Nomex y Technora, se producen con la reacción de policondensación de un cloruro de diácido aromático (tereftaloilo o isoftaliolo) con una diamina aromática (fenilendiamina). La estructura química de las aramidas consiste en cadenas de polímero aromáticas rígidas unidas por enlaces amida, formando una estructura ordenada y hace que tenga una alta resistencia intermolecular y cristalinidad. Las aramidas solo pueden procesarse en disolución para formar fibras o hilado, pero no pueden fundirse por calentamiento. Sus principales aplicaciones son los chalecos antibalas, industria aeroespacial, tejidos deportivos, ropa protectora. En los disolventes orgánicos son poco solubles, solo se transforman en solución.

Según DATA BRIDGE MARKET RESEARCH [17], Investigaron el mercado mundial de la aramida con los datos del 2015-2021, tiene como base la producción del año 2022 con \$3.82 millones para una proyección del 2030 de \$ 6.010 Millones indicando en la siguiente ilustración, los principales consumidores teniendo como países sudamericanos a Brasil, Argentina y resto de Sudamérica. Mientras que los países productores son Japón, Dupont y Aramid Hpm en EE. UU, Bélgica, China, Corea del sur y Francia. Las estrictas regulaciones de seguridad en Europa, especialmente en sectores como la metalurgia (aluminio y acero), construcción e hidrocarburos (petróleo y gas), han impulsado a este continente a liderar las ventas y ganancias en el mercado de fibra de aramida. A Sudamérica llegaría por exportación, pero una de sus ventajas es que no vultuoso y baja peso haciendo más fácil su transporte. En el ámbito militar sustituye al asbesto, aplicaciones en aeroespacial, rodaje marítimo, telas para armadura y balística, estos promoverán nuevas oportunidades. Europa conquista el mercado de la fibra de aramida en ingresos por las minuciosas normas de seguridad en industrias como la del aluminio y el acero, la construcción, el petróleo y el gas. Mientras que EMERGEN RESEARCH indico que en 2023 la empresa Kolon industries Inc. Corea del Sur tiene la intención de llegar a producir 15 000 toneladas por año.

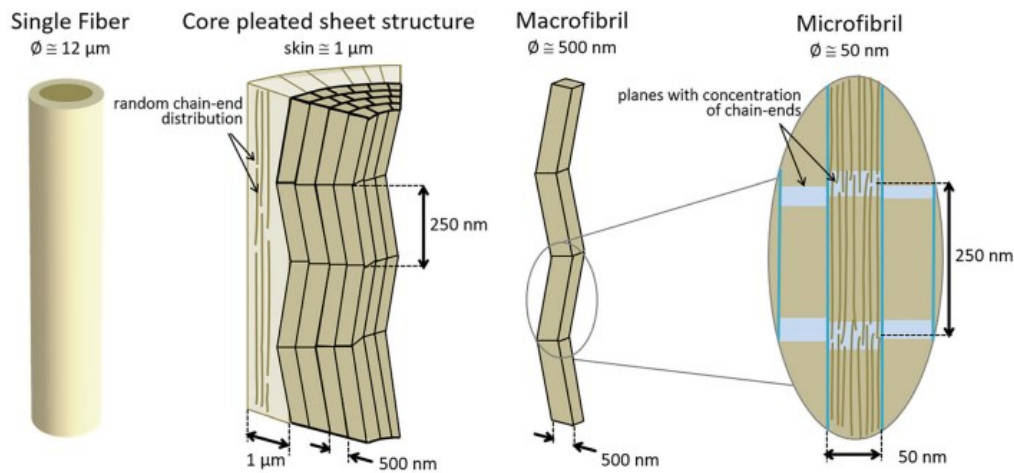
Ilustración 5 Principales consumidores de la Fibra de Aramida 2023-2030



Fuente: DATA BRIDGE MARKET RESEARCH

Según Richard et al [18] ejecutaron el estudio de los mecanismos de daño y fractura en la fibra de aramida, el material para dicho estudio fue la fibra aramida del tipo K29 con una densidad de 1440 kg/m³ y con un diámetro promedio de 12µm medido con ayuda de un aparato de escaneo laser. El primer mecanismo que se realizó fue el ensayo de tracción longitudinal en una sola fibra con una velocidad de desplazamiento de 0.1mm/s y la longitud de la fibra fue de 50mm en un ambiente de 21±1°C de temperatura y 50%±2% de humedad, las respuestas de tensión- deformación muestra un módulo muy alto con comportamiento frágil con la caída repentina de la carga y una tensión de falla del 3%-4%, también un aumento de la rigidez con la carga y su módulo de Young final es mayor que el inicial. El siguiente mecanismo es la microscopía electrónica de barrido y ensayo de tracción in situ en una sola fibra donde se analiza la modificación de la microestructura en la superficie de la fibra en la prueba de tracción se analizó una fibra k29 de 2mm de longitud y un voltaje de 2kv, donde demuestran el daño con grietas transversales y longitudinales, pero no afecta las propiedades longitudinales a pesar del daño en su circunferencia y mostraron una alta absorción de energía durante la fractura las fibras de 15 µm.

Ilustración 6 Resumen esquemático de la microestructura de múltiples escalas para un diámetro de 12µm de la fibra de aramida



Fuente: [18]

Por otro lado, Sarrión [19] realizó una investigación teórica de la fibra de carbono, aramida y vidrio. Menciona que la fibra de aramida fue sintetizada por primera vez en 1965 por Stephanie Kwolek en DuPont al buscar una fibra más resistente que el nailon y se comercializó en el 1972. Su estructura y síntesis por cada monómero contiene los siguientes átomos 10 de hidrógeno, 2 de oxígeno, 2 de nitrógeno y 14 de carbono. Detallo la fabricación iniciando en la formación del polímero, cada cadena de polímero puede contener desde 5 hasta 1 millón de monómeros unidos y los grupos aromáticos se intercalan en posiciones 1 y 4 de la cadena principal teniendo en cuenta que la orientación de las cadenas es crucial para determinar la flexibilidad, rigidez y fuerza del material final. Siguiendo con el proceso de cristianización con un el proceso de extrusión específico implicando la secuencia obtiene una solución fundida del polímero luego pasarlo por pequeños orificios en la máquina extrusora. Prosiguiendo la formación molecular para terminar con el proceso de producción el cual implicó disolver el polímero a temperatura entre 50 °C y 80 °C con solvente, en la extrusión a 200 °C se evapora el solvente y la fibra resultante se enrolla en una bobina para luego estirarlo para lograr rigidez y resistencia, finalmente se unen las fibras individuales y su presentación puede ser en fibra continua o fibra corta.

Tabla 4 Tipos de fibra aramida Kevlar y sus propiedades

Tipo de kevlar	Resistencia a la tracción (GPa)	Módulo de elasticidad (GPa)	Deformación a la rotura (%)	Densidad (g/cm ³)
Kevlar 29	3.6	60	4.4	1.44
Kevlar 49	3.6	112	2.4	1.45
Kevlar 119	3	158	1.9	1.45
Kevlar 129	3.1	186	1.7	1.47
Kevlar 149	4	170	2.5	1.47
Kevlar XP	4	75	4.5	1.44
Kevlar KM2	3.6	100	3.6	1.44
Kevlar K49HM	4.4	186	2.4	1.45

Fuente: [19]

Ilustración 7 Ficha técnica de la fibra de aramida kevlar



FICHA TÉCNICA HILO KEVLAR

Fecha de revisión: 29/06/2020

IMPORTANCIA:

El hilo de coser KEVLAR para-aramida, es un material innovador, ya que presenta una resistencia proporcional cinco veces superior a la del acero y son ligeros al mismo tiempo. Son hilos ignífugos (resistentes al fuego y a las altas temperaturas) y de baja conductividad eléctrica.

DESCRIPCIÓN:

Es resistente a la tensión y al corte; es decir, no se rompen inmediatamente sino progresivamente, proporcionando un margen de seguridad. No se funden, mantienen sus propiedades entre los -196°C y 425°C. Resisten a los agentes químicos (solvente, combustibles, lubricantes o agua salada). Por último, su superficie se ve afectada por la radiación UV (cambia de color amarillo a marrón), pero no supone ningún deterioro en sus propiedades.

APLICACIONES:

En la industria del calzado, botas de seguridad y botas militares. En la fabricación de uniformes de bomberos, en la industria náutica, aeronáutica y minera. Para confección de trajes resistentes al calor y a las llamas. Para chalecos antibalas, guantes, mochilas, airbags. En la fabricación de ameses y eslingas.

Tipo	KEVLAR 20	KEVLAR 40	KEVLAR 50	KEVLAR 75
Número métrico (NM)	50/7	50/4	50/3	50/2
Tex (Norma UNE-EN ISO 2060)	153	84	69	47
Metros/Kg (Norma UNE-EN ISO 2060)	6,785 m	11,870 m	16,000 m	25,000 m
Resistencia (Norma UNE-EN ISO 2062)	18.9 Kg-fuerza	10.96 Kg-fuerza	8.7 Kg-fuerza	5.4 Kg-fuerza
Alargamiento (Norma UNE-EN ISO 2062)	3.40%	3.40%	3.40%	3.40%
Color	Amarillo y negro	Amarillo y negro	Amarillo	Amarillo y negro
Rendimiento por cono	1,500 m	3,000 m	4,000 m	5,000 m
Peso por cono	250 g	250 g	250 g	250 g

Fuente: maruplast

Normativas y técnicas

Diseño de mezclas

Método American Concrete Institute 211-91)

El método desarrollado por el American Concrete Institute (ACI) se ha consolidado como el procedimiento más utilizado mundialmente para la dosificación de concreto. A través del comité ACI 211.1-91, se establece una metodología fundamentada en alcanzar una resistencia específica, donde la relación a/c juega un papel crucial para garantizar tanto la resistencia como la durabilidad del concreto. El método se respalda en tablas basadas en investigaciones de laboratorio, que sirven como referencia para los diseñadores. El proceso se desarrolla en ocho pasos fundamentales:

1.- Determinación de slump. Para concretos que requieren vibración, el comité proporciona rangos específicos de revenimiento según el tipo de construcción, aplicables cuando no se tiene una especificación predeterminada.

Tabla 5 Slumps recomendados

Construcción de Concreto	Revenimiento mm (pulg.)	
	Máximo*	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75 (3)	25 (1)
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75 (3)	25 (1)
Vigas y muros reforzados	100 (4)	25 (1)
Columnas de edificios	100 (4)	25 (1)
Pavimentos y losas	75 (3)	25 (1)
Concreto masivo	75 (3)	25 (1)

Fuente: Comité ACI 211.1-91

2.- Selección del tamaño máximo nominal del agregado (TMN): Los agregados de mayor tamaño, cuando están bien clasificados, presentan menos espacios vacíos, lo que resulta en un menor requerimiento de pasta por volumen de concreto. Este parámetro es esencial para determinar otros valores del diseño.

3.- Cuantificación del agua y aire: La cantidad de agua necesaria por volumen está determinada por tres factores principales: el TMN, la morfología del agregado y su graduación. Existen tablas que proporcionan estimaciones precisas según estas variables.

Tabla 6 Agua de la mezcla y contenido de aire requerido con relación al slump y TMN del agregado

Revenimiento (asentamiento) (pulg.)	Agua, pulgadas por yarda cúbica de concreto, para los tamaños de agregado indicados*							
	¼ pulg.	½ pulg.	¾ pulg.	1 pulg.	1½ pulg.	2 pulg.**	3 pulg.**	6 pulg.**
Concreto sin aire incluido								
1 a 2	350	335	315	300	275	260	220	190
3 a 4	385	365	340	325	300	285	245	210
6 a 7	410	385	360	340	315	300	270	—
Cantidad aproximada de aire atrapado en un concreto sin aire incluido, porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
1 a 2	305	295	280	270	250	240	205	180
3 a 4	340	325	305	295	275	265	225	200
6 a 7	365	345	325	310	290	280	260	—
Promedio del contenido de aire total recomendado, para el nivel de exposición, porcentaje†								
Exposición leve	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Exposición moderada	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	3.5	3.5	3.0
Exposición severa	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211.1-91

4.- Establecimiento de la relación a/c: Esta proporción considera tanto la resistencia como la durabilidad. El ACI ofrece valores conservadores en sus tablas, basados en pruebas de 28 días en condiciones controladas. En ambientes agresivos, se prioriza una relación baja independientemente de los requisitos de resistencia.

Tabla 7 Relación agua/ cemento con relación al F'c

Resistencia a Compresión a los 28 Días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

La resistencia se basa en cilindros sometidos al curado húmedo durante 28 días, de acuerdo con la ASTM C 31 (AASHTO T 23). La dependencia asume el agregado con un tamaño máximo nominal de 19 a 25 mm.

Adaptada del ACI 211.1 y del ACI 211.3.

Fuente: ACI 211.1-91

5.- Determinación del contenido de cemento: Con el agua ya calculada (paso 3) y la relación a/c definida (paso 4), se obtiene la cantidad de cemento mediante una simple división.

6.- Para el agregado grueso: Se utiliza una tabla específica del ACI que determina el volumen de agregado grueso (seco y compactado) por metro cúbico, considerando el TMN y el módulo

de finura de la arena. El volumen final se obtiene multiplicando por el peso volumétrico seco compactado.

Tabla 8 Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino*			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25.00 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

*Los volúmenes se basan en agregados varillados (compactados) en seco como descrito en la ASTM C 29 (AASHTO T 19). Adaptada del ACI 211.1.

Fuente ACI 211.1-91

7.- Determinación del agregado fino: Se calcula por diferencia una vez conocidos todos los demás componentes. Las variaciones en los contenidos de los materiales se pueden ajustar por peso o volumen absoluto, manteniendo las proporciones establecidas.

8.- Corrección por humedad: Como paso final, se ajusta el agua de la mezcla considerando la humedad natural de los agregados. El ajuste considera la diferencia entre la humedad total y la absorción del material.

Muestreo para los agregados

El muestreo de los ensayos de granulometría y rutinarios se tuvo en cuenta de la NTP 400.010. Tuvo como objetivo la aceptación o rechazo de los materiales. Se obtuvo 3 muestras seleccionadas al azar de la unidad que estuvo siendo muestreada y se combinó formando una muestra con masa igual o mayor al mínimo recomendado.

Tabla 9 Material para análisis granulométrico y ensayos rutinarios- cantidad para las muestras

Tamaño agregado ^A	Masa de la muestra de campo, min. kg ^B (lbs)	Muestra de campo Volume, min L (Gal)
Agregado fino		
2,36 mm [No. 8]	10 [22]	8 [2]
4,75 mm [No. 4]	10 [22]	8 [2]
Agregado grueso		
9,5 mm[3/8 in.]	10 [22]	8 [2]
12,5 mm[1/2 in.]	15 [35]	12 [3]
19,0 mm[3/4 in.]	25 [55]	20 [5]

Fuente: NTP 400.010

Granulometría del agregado grueso

Se empleo la NTP 400.012 y la NTP 400.037

Los objetivos del ensayo son:

- Determinar el tamaño máximo nominal, tamaño máximo y el módulo de fineza.
- Representar el grafico granulométrico del tamaño de las fracciones del agregado grueso.
- Instrumentos usados:
- Tamices de aberturas cuadradas según la norma ($\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200).
- Brocha y taras para las muestras.
- Bascula electrónica con una precisión de 0,5 gr.
- Horno con temperaturas constantes de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Para la toma de muestras se consideró la NTP 400.010.
- La cantidad de muestra a ensayar se determinó en función de su Tamaño Máximo Nominal previsto en Muestreo, según la siguiente tabla. Después, la muestra es sometida al horno para asegurar su secado.

Tabla 10. Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 1/2)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 1/2)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP 400.012

- Se armaron los tamices en el siguiente orden:
 $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200

- La muestra seca fue vertida a través de cada tamiz en el orden que se mencionó y posteriormente se agito vigorosamente con movimiento circular durante un tiempo apropiado.
- Se peso cada una de las cantidades retenidas en los tamices normalizados.
- Seguido ejecuto el procesamientos de datos:
- Porcentaje retenido parcial: Se dividió la cantidad retenido en los tamices por la cantidad total de la muestra, y se expresó en %.
- Porcentaje retenido acumulado (PRA): Es la suma del primer porcentaje retenido parcial en cada tamiz y los posteriores.
- Porcentaje que pasa (PP): Se procesamiento de datos restando el 100% menos el (PRA) para cada tamiz.
- Tamaño máximo Nominal (TMN): Es el menor tamiz que produce el primer retenido de acuerdo con la NTP 400.037.
- Tamaño máximo (TM): Se precisa como el tamiz que retiene la totalidad de la muestra.
- Finalmente se graficó la curva granulométrica obtenida comparada con los límites de acuerdo con el HUSO granulométrico.

Tabla 11 Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (1/2 pulg)	9,5 mm (3/8 pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	...	25 a 60	...	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...	...
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	...	...	...	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	...	0 a 5	...	...	...	...
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	...	0 a 5	...	...
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	...	0 a 5	...	...	...
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	...	...	...	...	100	95 a 100	...	35 a 70	...	10 a 30	0 a 5	...	...
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...	...	...
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	...	...
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	100	95 a 100	...	25 a 60	...	0 a 10	0 a 5	...
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	...	...
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	...	20 a 55	0 a 10	0 a 5	...
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	...
8	9,5 mm a 2,36 mm (3/8 pulg a No. 8)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	...	...	...	...	...	...	...	...	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9 ^A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10

NOTA: Se permitirá el uso de agregados que no cumplan con las gradaciones especificadas, siempre y cuando existan estudios calificados a satisfacción de las partes, que aseguren que el material producirá concreto de la calidad requerida.

Fuente: NTP 400.037

Granulometría de la arena (NTP 400.012 y la NTP 400.037)

Tiene como objetivo:

- Determinar el módulo de fineza.

- Representar el gráfico de la granulometría según los datos obtenidos al terminar el procedimiento.

Instrumentos que se utilizaron:

- Tamices de aberturas cuadradas según la norma (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200).
- Brocha y taras para las muestras.
- Bascula electrónica con una sensibilidad de 0,5 gr.
- Horno con temperaturas constantes de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

Procedimiento

- Peso mínimo 300 gr de la muestra según la NTP 400.012, seguido se colocó en el horno para asegurar un secado uniforme.
- Se pesó la muestra antes de llevar al horno.
- Después que la muestra se sacó del horno, se vació y tamizó en el siguiente orden N°4, N°8, N°16, N°50, N°100, N°200 y fondo.
- Se agitaron los tamices manualmente por un tiempo determinado.
- Se determinó la cantidad de cada muestra retenida por tamiz.
- Se efectuó el procesamiento de datos para determinar la participación de la cantidad retenida, acumulada y la que pasa.
- Porcentaje retenido parcial (RP): Se procesamiento de datos dividiendo la cantidad retenida en cada tamices entre el total de la muestra, y se expresó en %.
- Porcentaje retenido acumulado (RA): Se obtuvo sumando el porcentaje retenido parcial en un tamiz con los porcentajes retenidos parciales en los tamices anteriores.
- Porcentaje que pasa: Se procesamiento de datos restando el 100% menos el porcentaje RA para cada tamiz.
- Tamaño máximo Nominal (TMN): Es el menor tamiz que produce el primer retenido de acuerdo con la NTP 400.037.
- Tamaño máximo (TM): Se precisa como el tamiz que retiene la totalidad de la muestra.
- Módulo de fineza (MF):
$$MF_{AG} = \frac{\% \text{ ret. acumulado (N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$
- Se graficó la curva granulométrica obtenido y la establecida por la NTP 400.037 de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 12 Granulometría del de la arena

Tamiz	Porcentaje que pasa
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 μm (No. 30)	25 a 60
300 μm (No. 50)	05 a 30
150 μm (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037

Peso unitario suelto de la arena y agregado grueso (NTP 400.017)

Equipos:

- Balanza con precisión 0.1% de la muestra de ensayo.
- Recipiente.
- Varilla de 5/8" x 0.6m.
- Recipiente cilíndrico.
- Bandejas
- Horno con 110 °C \pm 5°C.
- Brocha.

Procedimiento:

- Se peso el recipiente vacío de 0.152 x 0.306 m.
- Luego se colocó la muestra en el depósito cilíndrico a una elevación máxima de 5cm del borde superior del recipiente.
- Nivelar la muestra con el recipiente y la ayuda de la varilla 5/8" con movimientos circulares.
- Se peso la muestra y el recipiente, con un error permitido del 1%
- Se ejecutaron los siguientes procesamientos de datos:

Ecuación 1 Peso unitario suelto

$$\text{PUS} = \frac{(A-B)}{V} * 100$$

- A: Peso de muestra más recipiente
- B: Pesar del recipiente
- V: Volumen del recipiente

Peso unitario compactado de la arena y del agregado grueso

Equipos: Se usan los mismos equipos del ensayo Peso unitario suelto del de la arena.

Procedimiento:

- Pesar el recipiente a usar de diámetro 0.152 m y altura de 0.306 m.
- Se incorporo el agregado al recipiente hasta llegar a 1/3 de su capacidad y se presionó con la varilla con 25 golpes. Se dio continuidad este paso hasta que llego a su capacidad total del recipiente, pero no impactando el fondo del recipiente.
- Nivelar la muestra con la parte superior del recipiente.
- Pesar el recipiente con la muestra compactada, y registrar los valores con exactitud de 0.05 kg
- Finalmente se ejecutó el procesamientos de datos:

Ecuación 2 Peso unitario compactado

$$PUC = \frac{(A - B)}{V} * 100$$

A: Peso de muestra + recipiente

B: Peso del recipiente

V: Volumen del recipiente

Contenido de humedad de la arena y el agregado grueso (NTP 339.185)

Tiene como objetivo:

- Determinar el contenido de humedad y determinar la relación existente de la humedad total y superficial.

Materiales y equipos:

- Muestra del agregado.
- Balanza con precisión 0.01%
- Recipientes.
- Horno con $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura constante.

Procedimiento:

- Selección de la muestra por medio del cuarteo.
- Se peso la muestra teniendo presente el peso mínimo según el TMN según la siguiente tabla.

Tabla 13 Contenido de humedad: Masa de la muestra

Tamaño máximo nominal de agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en kg
4,75 (0,187) (No. 4)	0,5
9,5 (3/8)	1,5
12,5 (1/2)	2,0

Fuente: NTP 339.185

- Se dejó secando en el horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Luego se dejó enfriar a temperatura ambiente para luego pesar la muestra.
- Finalmente se ejecutaron los siguientes procesamientos de datos:

Ecuación 3 Contenido de humedad - NTP 339.185

$$P = \frac{100 * (W - D)}{D}$$

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra (%)

W = Masa de la muestra húmeda original (gr)

D = Masa de la muestra seca (gr)

Peso específico y absorción de la arena y grueso (ASTM C-128/ NTP 400.022)

Equipos:

- Balanza con precisión 0.5gr.
- Picnómetro de 500 cm³.
- Pistón.
- Recipientes.
- Horno con $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura uniforme.
- Recipiente con forma de cono con 2 cm de radio como mínimo, de 4.5 de radio inferior y de 7.5 cm de altura.

Procedimiento:

- Se considerada los agregados que pasen el tamiz N°4.
- Selección de la muestra por medio del cuarteo y se coloca en el horno por 24 horas.
- Se deja enfriarse la muestra a temperatura ambiente seguidamente se pesa.
- Incorporar la muestra en agua por 24h.
- Se saca y se esparce en un recipiente con superficie limpia y luego se procede a secarlo a temperatura ambiente.

- Se llena el recipiente sujetándolo, luego se presiona con el pistón 25 golpes y finalmente se levanta el recipiente con cuidado y esperar que se produzca la primera desintegración de la muestra.
- Se peso 500 gr de la muestra para luego colocarlo en el picnómetro y luego saturar hasta el 90% de su capacidad y finalmente con la ayuda de una bomba de vacíos eliminar las pequeñas cavidades de aire y se dejó reposar con 500 ml en el picnómetro.
- Se determino la cantidad de el picnómetro con muestra y el agua.
- Se vació el material en un recipiente y dejo en reposo por unos minutos para luego retirar el agua tratando de no perder el material.
- Se coloca la muestra en el horno y luego se enfrió a temperatura ambiente.
- Se estableció el peso seco con los datos obtenidos.
- Finalmente se determinó el peso seco con los datos obtenidos.

Procesamientos de datos:

- Peso específico de masa:

Ecuación 4 Peso específico de masa

$$A = \frac{B}{(C - D)} * 100$$

Peso específico de masa saturada con superficie seca (E):

Ecuación 5 Peso específico de masa con superficie seca

$$E = \frac{C}{(C - D)} * 100$$

Peso específico aparente (F):

Ecuación 6 Peso específico aparente

$$E = \frac{B}{(B - D)} * 100$$

Absorción:

Ecuación 7 Determinar la absorción del agregado

$$Ab = \frac{(C - B)}{B} * 100$$

A: Peso específico de masa

B: Peso de la muestra seca en el horno gr

C: Volumen del frasco en cm³

D: Peso en gramos o en cm³ de agua añadida al frasco

Durabilidad de la arena y grueso por medio de sulfato de magnesio (NTP 400.016)

Tiene como objetivo:

- Determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio.

Equipos:

- Tamices

Tabla 14 Tamices para determinar la durabilidad de la arena y agregado grueso

ABERTURA SERIE FINA		ABERTURA SERIE GRUESA
NOMINAL	TAMIZ NORMALIZADO	TAMIZ NORMALIZADO
No. 100	150 μm	8,00 mm (5/16") 9,50 mm (3/8")
No. 50	300 μm	12,5 mm (1/2") 16,0 mm (5/8")
No. 30	600 μm	19,0 mm (3/4") 25,0 mm (1")
No. 16	1,18 mm	31,5 mm (1 1/4")
No. 8	2,36 mm	37,5 mm (1 1/2") 50,0 mm (2")
No. 5	4,00 mm	63,0 mm (2 1/2")
No. 4	4,75 mm	Tamaños mayores aumentan en 12,5 mm (1/2")

Fuente: 400.016.

- Envases o taras
- Balanza con precisión 0.1gr para el de la arena y 1g para el agregado grueso.
- Horno con $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura uniforme.
- Reactivos: La solución de sulfato de magnesio, el volumen debe ser como mínimo 5 veces el volumen de todas las muestras sumergidas

Procedimiento:

- Se inicio disolviendo la sal en agua a temperatura ambiente, 350 g de sal por litro luego se agita constante y finalmente se dejó reposando 48 horas antes de su uso en un recipiente cubierto evitando evaporación y contaminación.
- Se sumergió la muestra en la solución de sulfato de magnesio durante 18 horas en taras, donde la solución cubrió los 1.5 cm por encima del material, seguido se retira la muestra y se dejó escurriendo 18 minutos para luego dejarlo en el horno con $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y se deja enfriar a temperatura ambiente. Se repitió el procedimiento durante 5 ciclos, el ultimo se lavó las muestras hasta eliminar el sulfato cuidadosamente para evitar fracturas.

Procesamiento de los datos:

- Se seco las fracciones hasta peso constante
- Se tamizo por la misma malla inicial

Se procedió a pesar el material retenido

- Determino la pérdida: $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial} \times 100\%$
- Para agregados con menos de 10% sobre malla 3/8", asumir 0% de pérdida para tamaños menores a malla N°50
- Para agregados con menos de 10% bajo malla N°4, asumir para el material más fino la misma pérdida que la malla mayor próxima

Ensayo para determinar la consistencia del concreto fresco (NTP 339.035)

La determinación de la consistencia del concreto fresco mediante el cono de Abrams, también conocido como ensayo de revenimiento, representa uno de los controles de calidad más fundamentales y ampliamente utilizados en la industria de la construcción. Su principal propósito es evaluar cuantitativamente la consistencia o fluidez que presenta la mezcla de concreto recién preparada. Este procedimiento estandarizado se ejecuta siguiendo rigurosamente los lineamientos establecidos en dos normativas equivalentes: la Norma Técnica Peruana 339.035 y su contraparte internacional ASTM C143.

Equipos:

- Cono de abrams, con 10 y 20 cm de diámetro con bases paralelos y 30 cm de recipiente.
- Varilla liza de acero 5/8" x 60 cm de largo con punta semiesférica.
- Mortero.
- Aguja.
- Cucharón.
- Recipiente.

Procedimiento:

- Se obtiene una muestra de mezclado.
- Se humedece la parte interior del cono y se coloca sobre una superficie lisa.
- Luego se limpió alrededor del cono.
- Para la primera cada: Se llena 1/3 del volumen del recipiente, compacto con 25 varilladas en sentido vertical.
- Se sujetará el recipiente firmemente contra la base.
- Así se repiten en las capas de 2/3 y 3/3 del volumen del recipiente.
- Completamos el recipiente y nivelamos el concreto con la parte superficial del cono.
- Levantamos el cono con cuidado.

- El asentamiento fue la diferencia desde la parte superior del cono a la parte superior de la mezcla y se registra la medida.

Ensayo para determinar el peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046/ ASTM C-138)

Equipos:

- Recipiente metálico.
- Varilla de acero liso con punta semiesférica de 5/8" y 60 cm de largo.
- Cucharón
- Balanza electrónica con capacidad de 50 kg
- Martillo de goma

Procedimiento

- Pesamos y determinamos del recipiente a usar.
- Iniciamos colocando la primera capa a 1/3 de la altura del molde teniendo un total de 3 capas, cada una de las capas se compacto con 25 varilladas seguido de 10 a 12 golpes con el martillo en la parte externa del recipiente.
- Al final se enraso eliminando así el sobrante del concreto, luego se procedió a pesar.
- Donde la densidad será:

Ecuación 8 Densidad del concreto

$$Densidad = \frac{M - R}{V}$$

M: Masa del recipiente con concreto

R: Masa del recipiente

V: Volumen del recipiente.

Ensayo para determinar la temperatura de mezclas de concreto: NTP 339.184

Equipos:

- Recipiente para un mínimo de 75 mm de concreto. El espesor de la mezcla de concreto debe tener como mínimo tres veces el TMN del agregado grueso.
- Dispositivo para medición de temperatura con una precisión de ± 0.5 °C para (0 a 50) °C permitiendo una inmersión mínima de 75 mm.

Procedimiento

- Humedecemos el recipiente para luego colocar la muestra o también puede emplearse el encofrado.

- Poner el instrumento de medición dentro de la mezcla. Luego Presionamos con cuidado para que no afecte la temperatura ambiente.
- Dejamos por 2 a 5 minutos.
- Registramos la temperatura con 0.5 °C de exactitud cuando el dispositivo permanece en el concreto.

Cambio de longitud del mortero del concreto de cemento hidráulico endurecido: ASTM C 157/ C 157 -08

Describe el procedimiento para determinar los cambios de longitud (expansión o contracción) que ocurren en muestras de concreto endurecido debido a fuerzas externas aplicadas y/o cambios de temperatura. El objetivo principal es evaluar el potencial de expansión o contracción volumétrica del concreto debido a diversas causas, lo que permite hacer una evaluación comparativa entre diferentes mezclas de concreto.

Para la solución: por cada 50 gramos de sulfato de sodio se agregada 100 ml de agua destilada mas 900 ml de agua potable.

Para el procedimiento con muestras de concreto:

Se preparan muestras prismáticas de (75 x 75 x 285 mm) si el agregado pasa el tamiz de 1 pulgada (25 mm).

Se curo inicialmente las muestras en un ambiente húmedo durante 21 días.

Se tomo una lectura inicial del comparador de longitud a los 28 días.

Después se almacenan las muestras en dos condiciones:

Sumergidas en agua saturada de cal

Al aire en una cámara con $50 \pm 4\%$ de humedad relativa

Se toman lecturas comparativas de la longitud a edades de 4, 7, 14, 28 días y 8, 16, 32, 64 semanas para las muestras al aire. Y a 8, 16, 32, 64 semanas para las sumergidas.

El cálculo del cambio de longitud:

Ecuación 9 Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfato de magnesio

$$\Delta L_x = \frac{CRD_x - CRD_{inicial}}{G} * 100$$

CRD_x: Es la lectura del comparador a la edad x

CRD_{inicial}: Lectura inicial

G la longitud calibrada de 10 pulgadas (250 mm).

Ensayo para determinar la absorción del adoquín (NTP 339.604, ITINTEC 339.124)

Equipos:

- Estufa que varía la temperatura entre 110 °C y 115 °C.
- Balanza, capacidad mínima de 8.00 kg y precisión de 1.00g.
- Recipiente.
- Procedimiento:
- Introducir la muestra de adoquín en un depósito a temperaturas que varíen entre 15 °C a 30 °C para 24 horas.
- Retirar del depósito.
- Se seca el agua con una franela para luego pesar.
- Dejamos la muestra 24 horas en el horno con una temperatura de 110 °C a 115 °C.
- Se enfría el adoquín a temperatura ambiente para luego ser pesado.

Para el procesamiento de datos:

- Para el procesamiento de datos de la absorción de agua:

Ecuación 10 Absorción del adoquín

$$Abs = \frac{Ph - Ps}{Ps} * 100$$

Donde:

- Abs: Absorción de agua en %.
- Ph: Peso de la muestra después de 24 horas dentro del agua.
- Ps: Peso de la muestra seca.

Ensayo de resistencia a la compresión del adoquín (NTP 339.604, ITINTEC 339.124)

Equipo: Máquina con dos soportes de acero; rotula con plato y un bloque rígido plano.

Procedimiento:

- Cada muestra se midió con aproximación al milímetro las dimensiones del espécimen. Luego se calculó el área de la sección que estará en contacto con la carga.
- Los platos se colocan en las caras de la muestra en posición horizontal, para que los ejes de la muestra y de los platos estén alineado se usa triplay. Si en caso no logra cubrir toda la superficie los platos se utilizarán planchas de acero.
- La carga aplicada fue uniforme con $\left(\frac{15N \pm 3N}{mm^2 * min}\right)$ de velocidad hasta que la muestra se rompió.

Para el procesamiento de datos:

Ecuación 11 Resistencia a compresión

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

Rc: Resistencia a la compresión en Mpa.

P: Carga de rotura en Newtons.

A: área de la sección de la muestra en mm².

Ensayo de resistencia a la tracción por flexión del adoquín (NTP 399.604.2002, ITINTEC 339.124)

Equipos:

- Máquina de ensayo usadas en laboratorios.
- Tres barras lisas cilíndricas o semicilíndricas de 40mm de diámetro.
- Regla de acero milimétrica.

Procedimiento:

- Después de las 24 horas de ser sacados del agua a (15 °C y 30 °C).
- Ubicar la muestra en la plataforma de la maquina a usar de manera que este equidistante a su centro.
- El adoquín se apoya en las dos barras que serán ubicadas de manera paralela y con una separación “L” igual al largo del espécimen menos 50mm.
- La tercera barra se coloca sobre la muestra, pero paralela y equidistante de los apoyos.
- Se aplica una carga cada vez mayor y así llegar a la rotura de la muestra.
- Se determina con aproximación al milímetro su ancho y espesor promedio en la sección de rotura.
- Para el procesamiento de datos:

Ecuación 12 Resistencia a la flexotracción

$$R = \frac{3*p*L}{2*b*d^2}$$

Donde:

- R: Resistencia a la flexocompresión en Mpa.
- P: Carga de rotura en Newtons.
- L: Longitud entre los apoyos (mm).
- b: Ancho promedio en la sección de rotura (mm).
- d: Espesor promedio en la sección de rotura (mm).

Método normalizado para determinar la resistencia a la abrasión del adoquín mediante el ensayo del rodillo giratorio: ASTM C944M -12

Este método de prueba busca determinar qué tan resistente es el concreto o mortero al desgaste por abrasión. Es especialmente útil para controlar la calidad del concreto en carreteras y puentes que están expuestos al tráfico constante.

Equipos:

- Dispositivo de abrasión:

Taladro de banco o dispositivo similar

Capacidad de sujetar y rotar el cortador abrasivo a 200 rpm

Capaz de aplicar una fuerza de 98 ± 1 N o 197 ± 2 N

- Cortador rotativo:

22 ruedas de rectificado de 37.5 mm de diámetro

24 arandelas de 25.4 a 31.75 mm de diámetro

Montaje que permite que las ruedas giren independientemente

Diámetro total del cortador: 82.5 mm

Balanza con precisión 0.1gr

Ilustración 8 Equipo: Rodillo giratorio para determinar el desgaste



Fuente: ASTM C944-12

Materiales:

- Muestras de adoquín

Procedimiento:

- Pesar la muestra antes de la prueba (peso inicial).
- Limpiar cuidadosamente la muestra para eliminar cualquier residuo suelto.

- Prepara el dispositivo de abrasión, que es similar a un taladro de banco. Verifica que el cortador giratorio esté bien instalado y que pueda girar a 200 revoluciones por minuto.
- Colocación de la muestra: Asegura firmemente tu muestra de concreto en el dispositivo. Es crucial que no se mueva durante la prueba.
- Ajuste de la carga: Configura el equipo para aplicar la fuerza correcta. Puedes elegir entre una carga normal de aproximadamente 98 newtons o una carga doble de unos 197 newtons.
- Inicio de la prueba: Enciende el motor del dispositivo. El cortador empezará a girar, pero aún no tocará la muestra.
- Aplicación de la abrasión: Baja cuidadosamente el cortador giratorio hasta que haga contacto con la superficie de la muestra. Mantén este contacto durante el tiempo especificado para tu prueba.
- Finalización: Una vez transcurrido el tiempo de prueba (2 minutos) por ciclo o repetición, levanta el cortador para que ya no toque la muestra y apaga el motor.
- Examina la muestra. Verás un área circular desgastada de unos 8.25 cm de diámetro.
- Pesar la muestra después de cada ciclo (peso final).
- Se realizó tres ciclos por cada unidad de muestra.

Para el procesamiento de datos:

- Pérdida de masa = Peso inicial - Peso final
- Porcentaje de pérdida = $(\text{Pérdida de masa} / \text{Peso inicial}) \times 100$
- Para comparar diferentes muestras, se podría determinar la tasa de abrasión: Tasa de abrasión = Pérdida de masa / Tiempo de prueba

Método para determinar el coeficiente de Poisson del concreto en compresión: ASTM C 469-94

Determinar la relación de Poisson en cilindros de concreto moldeados y núcleos de concretos cuando son sometidos a esfuerzos de compresión longitudinal.

Equipo y materiales

- Especímenes de 0.30m de altura x 0.15m altura.
- Extensómetro
- Balanza con precisión de 0.045 kg

Procedimiento

- Se colocó el espécimen con el equipo medidor en la platina inferior de la máquina y se alineó cuidadosamente el eje del espécimen. Seguido se cargó el espécimen al menos dos veces (la primera es de ajuste) para luego aplicar carga continua sin golpe a una tasa constante de 35 ± 5 psi (241 ± 34 Kpa)/segundos.
- Se registra la carga aplicada, la deformación longitudinal y transversal.

Procesamiento de datos:

Ecuación 13 Deformación transversal del espécimen

$$d = \frac{g * eh}{(eh + eg)}$$

Donde:

d= Deformación transversal del diámetro del espécimen (μ pulg., μ m)

g= Lectura del deformímetro transversal μ m.

eh = La distancia perpendicular (medida en pulg. o mm) con una precisión 0.254 mm desde la articulación al plano vertical pasando por los puntos de soporte en la mitad del yugo

eg = La distancia perpendicular, medida en pulg. o mm, con una precisión de 0.01 pulg. (0.254 mm) desde el medidor al plano vertical pasando a través de los puntos de soporte en la mitad del yugo.

Materiales y métodos

Tipo y nivel de investigación

El diseño de la investigación es experimental con finalidad aplicada, ya que se va a manipular la variable independiente y a realizar ensayos en las muestras en el laboratorio, con la finalidad de evaluar el comportamiento del concreto al incorporar la fibra de kevlar 20 en diferentes porcentajes de volumen en el adoquín tipo III.

Según el tipo de datos analizados la investigación es cuantitativa ya que el método de medición fue de forma numérica demostrándose en los resultados obtenidos.

Diseño de la investigación

A continuación, se realizará la interpretación del análisis sobre el tema de investigación mediante la recolección de datos:

RB1 X O1

RB2 – O2

Descripción del diseño

R: elección al azar.

B: adoquín.

X: Fibra de aramida kevlar 20.

O: resultados de la variable dependiente.

-: No aplica variable independiente.

Se medirán las propiedades físicas y mecánicas del adoquín sin adición denominado patrón y con adición de la fibra de aramida kevlar 20 con sus diferentes porcentajes, considerando las propiedades de asentamiento, temperatura, densidad, absorción, durabilidad, abrasión, compresión y tracción por flexión.

Muestreo y población

Esta investigación se usó el muestreo por conveniencia y no probabilístico. Se elaboraron adoquines de 20x10x8cm con mezclas de 0.0%, 0.2%, 0.3% y 0.4% de adición de fibra kevlar distribuidos de la siguiente manera: 24 unidades para el ensayo de compresión, 24 unidades absorción, 24 unidades para tracción por flexión, 12 unidades para abrasión y 6 especímenes de 7.5 x 7.5 x 28.5 cm para el ensayo del cambio de longitud expuesto a sulfatos y 6 especímenes cilíndricos de 15cm de diámetro y 30 cm de altura para módulo de elasticidad. Para mayor detalle se tuvo en consideración el cuadro de operacionalización de variables que indica las cantidades por día de curado para cada ensayo. Obteniendo un lote de 86 unidades de adoquines, 6 vigas prismáticas cuadradas y 6 especímenes cilíndricos.

Operacionalización de variables

Objeto de estudio: Adoquines de concreto

Variable independiente

Tabla 15 Variable independiente de la investigación

VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADOR	UNID. MEDIDA	RANGO DE APLICACIÓN	MÉTODO DE MEDICIÓN
Incorporación de fibras de aramida kevlar 20	Cantidad de fibra de aramida	%	0%, 0.20 %, 0.30% y 0.40%	Balanza

Fuente: Elaboración propia

Variable dependiente

Tabla 16 Variable dependiente de la investigación

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, Ensayo, NTP)
Propiedades Físicas y mecánicas.	Propiedades Físicas del concreto fresco	Slump	Plg	NTP 339.035 / ASTM C-143 Ensayo Asentamiento del concreto
		Peso unitario (densidad)	Kg/m ³	NTP 339.046 / ASTM C-138 Ensayo del peso unitario
		Temperatura	°C	NTP 339.184/ ASTM C 1064 Ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto
	Propiedades Físicas del concreto endurecido	Resistencia a los sulfatos	%	ASTM C 157 Método de prueba estándar para el cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido
	Propiedades Físicas del adoquín	Resistencia a la Abrasión	mm	ASTM C944/C944M-12Método de ensayo estándar para la resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de cortador giratorio.
		Absorción	%	ASTM C140/ ITINTIC 399.124 Ensayo resistencia a la absorción
	Propiedades Mecánicas del adoquín	Resistencia a la compresión	Kg/cm ²	NTP 399.604/ ITINTIC 399.124 Ensayo resistencia a la compresión del adoquín
		Resistencia a la flexocompresión	Kg/cm ²	ITINTIC 399.124 Ensayo tracción por flexión (flexotracción)

Fuente: Elaboración propia

Variables intervinientes

Tabla 17 Variables intervinientes de la investigación

VARIABLES INTERVINIENTES	UNIDAD	VALOR	MÉTODO DE MEDICIÓN (Instrumento, Ensayo, NTP)
Tipo de Cemento	Tipo	TIPO MS	NTP 334.082 Cementos portland - performance
Tiempo de curado	Días	7 y 28	Calendario
Tipo de adoquín	Tipo	Tipo III	NTP 399.611: UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Adoquines de concreto para pavimentos. Requisitos
F ['] c de diseño del adoquín	Kg/cm ²	561	NTP 399.611
Espesor nominal del adoquín	cm	8	NTP 399.611
Largo x ancho del adoquín	cm	20 x 10	NTP 399.611
Tipo de fibra aramida	Tipo	Kevlar 20	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 18 Población – adoquines

ADOQUINES							
Ensayos	R. Compresión		R. Tracción por flexión		R. Absorción		R. Abrasión
	7 días	28 días	7 días	28 días	7 días	28 días	28 días
Días de curado	7 días	28 días	7 días	28 días	7 días	28 días	28 días
Patrón -0 % adición (M0)	3	3	3	3	3	3	3
0.2 % adición (M1)	3	3	3	3	3	3	3
0.3 % adición (M2)	3	3	3	3	3	3	3
0.4 % adición (M3)	3	3	3	3	3	3	3
Subtotal	12	12	12	12	12	12	12
Unidades por ensayo	24		24		24		12
TOTAL	84						

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo un total de 84 unidades de adoquines que involucran los 7 y 28 días de curado, realizados en los cuatro ensayos, con las adiciones de 0%, 0.2%, 0.3% y 0.4% de fibra kevlar 20 denominado como FK como referencia y tomando como abreviado a Muestra patrón (M0), Muestra con 0.2% de FK (M1), Muestra con 0.3% de FK (M2), Muestra con 0.4% de FK (M3) para todos los ensayos.

Tabla 19 Población: Especímenes para la durabilidad por sulfato de magnesio

Muestra	Cantidad de especímenes	Total
M0	3	3
M3	3	3
TOTAL		6

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de vigas prismáticas cuadradas para el ensayo de resistencia al sulfato de sodio se realizó con el diseño de mezcla óptimo y la muestra patrón, indicando la muestra que soporto la mayor resistencia a compresión. Para la cantidad de unidades será según la ASTM C 175 que indica 3 unidades por muestra.

Tabla 20 Población: Especímenes cilíndricos para el coeficiente de Poisson

Muestra	Cantidad de especímenes	Total
M0	3	3
M3	3	3
TOTAL		6

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo del coeficiente de Poisson se consideraron 3 especímenes cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura para asegurar la validez estadística por recomendación de la ASTM C 469. Se tuvo en cuenta 28 días de curado para obtener una resistencia óptima.

Método de recolección de datos. Los ensayos que fueron realizados y descritos anteriormente de acuerdo con cada normativa empleadas, se usaron equipos de laboratorio, los datos se registraron manualmente en fichas, luego fueron pasados a hojas de procesamiento de datos donde se emplearon fórmulas para obtener resultados para cada variable.

Procedimiento. Se inicio adquiriendo los agregados de la cantera y se procedió a caracterizarlos con los diferentes ensayos. Una vez cumplido con los parámetros de las normativas se procedió a elaborar el concreto de acuerdo con al ACI 211 con distintas relaciones agua/cemento: 0.30, 0.32, 0.34 y 0.36. De esta manera se obtuvo el valor óptimo de 0.32 con una mejor resistencia a la compresión y cumpliendo con el asentamiento de 1 plg. Por consiguiente, se encargó la elaboración del recipiente con capacidad de 6 adoquines y se procedió a determinar las cantidades de la fibra kevlar 20 en porcentajes de volumen, y según el diseño óptimo se fijó la cantidad de cemento, arena, agregado grueso y agua potable. De hecho, las cantidades de los materiales fueron iguales para las muestras mientras que la fibra kevlar 20 varió según el porcentaje de adición. Las cantidades fueron divididas en tandas de 0%, 0.2%, 0.3% y 0.4% de adición de la fibra kevlar 20, cada tanda para 21 unidades de adoquines. Posteriormente se colocó cada tanda en una mezcladora de eje vertical, luego de la mezcla se llevó a cabo la colocación en capas dentro del recipiente que estaba sobre la mesa vibratoria, de esta manera se procedió a vibrar 30 segundos por cada capa. Una vez enraizado se procedió a desmoldar sobre un piso de concreto pulido y limpio. Este ciclo se repitió para cada tanda, resaltando que la incorporación de la fibra se colocó a la mezcladora juntos con los agregados y me mezclo en estado seco con el fin de homogenizar la mezcla. Cabe considerar que en el interior del recipiente debe estar untado por un líquido desmoldante como la hidrolina.

Después de desmoldar dejó endurecer por 24 horas y se preparó la fosa con agua potable para el curado de las muestras, se tuvo como días de curado de 7 y 28 días. Para poder ensayar a las unidades se dejó secar 24 horas con anticipación.

Los especímenes cilíndricos tuvieron la misma secuencia, pero con la intervención del recipiente cilíndrico de plástico, una mezcladora de concreto eléctrica y sin el uso de una mesa vibratoria.

Las vigas prismáticas cuadradas fueron elaboradas igual que los especímenes cilíndricos, pero con el uso de un recipiente rectangular que se detalló más adelante.

El procedimiento de los ensayos fueron realizados según las normativas antes mencionadas en técnicas empleadas y en bases teóricas.

Análisis empleados. Después de obtener los resultados de cada ensayo se procedió a comparar la muestra patrón y las adiciones teniendo en cuenta la hipótesis de la investigación.

Criterios de selección

Cantidad de la población. Primero se realizó las combinaciones con respecto al porcentaje de adición que se va a manipular seguido de ello se determinó los días de curado que fueron de 7 y 28 días ya que generalmente se usan eso de acuerdo con la NTP 339.183. La cantidad de adoquines será de 3 unidades mínimas para cada ensayo de acuerdo con la ASTM C 936M-21: Especificaciones estándar para unidades de pavimentación entrelazadas de concreto.

Porcentajes de adición. Los porcentajes que se usaron en la investigación se tomaron como referencia de las investigaciones realizadas: En pavimentos rígidos [6] fue de 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% y 1% en porcentajes de volumen. la fibra de aramida kevlar 29 concluyendo que a mayores porcentajes es menor la trabajabilidad y una disminución de resistencia, aumenta el contenido de aire considerable a partir de la adición 0.6% y con 0.4% obtuvo la mejor resistencia a compresión y flexión. Mientras que en adoquines permeables se trabajó con adiciones del 0.2%, 0.3%, 0.4% porcentajes en volumen con 6mm de longitud de fibra de aramida, contribuyendo a la mejor resistencia a la compresión la adición de 0.4% y 0.2% a la flexión [5]. Según el instituto del cemento y el concreto recomiendan que las fibras sintéticas se deben agregar en una dosificación de: 0.1% a 0.3% en porcentajes de volumen bajo o desde 0.4% a 0.8% en porcentajes de volumen alto.

Los porcentajes de adición será de 0.2%, 0.3% y 0.4% porcentajes en volumen, pero se tuvo en cuenta una muestra patrón con 0% de adición.

Procediendo a obtener las cantidades en esta investigación con las consideraciones mencionadas se inició teniendo la densidad de la fibra kevlar 20 y procedió a multiplicar por

los porcentajes de adición, obteniendo así la masa por unidad de volumen (g/cm^3) por cada adición seguido se multiplico por el volumen del recipiente y finalmente se obtuvo la cantidad de fibra (g) por cada recipiente.

Tabla 21 Adición de la fibra de aramida en porcentajes de volumen

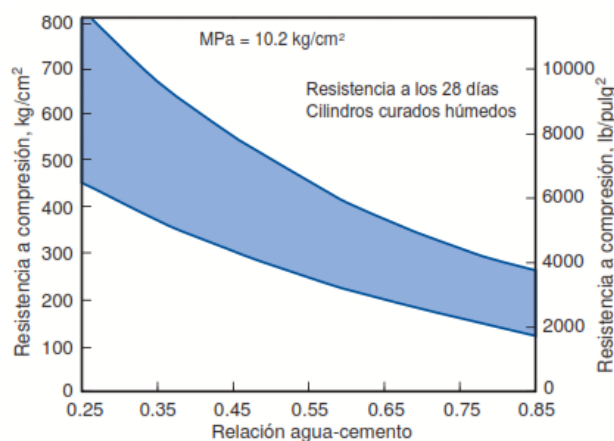
Adiciones en %	0.20 %	0.30 %	0.40 %
Adición en V.	0.003 g/cm^3	0.004 g/cm^3	0.006 g/cm^3
Peso de la	15.233 g	22.849 g	30.466 g
adición	4.418 g	6.627 g	8.836 g

Fuente: Elaboración propia

El volumen del molde cilíndrico fue de 5526.34 cm^3 y el molde de adoquín de 1600 cm^3 .

Selección de la relación agua/ cemento. Para el diseño de mezcla patrón se tendrá en cuenta [12] la relación agua/cemento con rango desde 0.30, 0.32, 0.34 y 0.36 elaborando probetas para adquirir el diseño optimo, es decir que cumpla con la trabajabilidad, slump y resistencia a mínima de $561 \text{ kg}/\text{cm}^2$ a la edad de 28 días de curado eligiendo así la mejor relación a/c en la muestra patrón. El rango antes mencionado de a/c involucra las resistencias mayores a $500 \text{ kg}/\text{cm}^2$ de la siguiente tabla. Finalmente poder adicionar los porcentajes en volumen de la fibra y poder elaborar los adoquines.

Tabla 22 Variación de resistencia para relaciones agua - cemento del PCA



Fuente: [12]

Descripción de los materiales y moldes. El muestreo de los ensayos de granulometría y rutinarios se tuvo en cuenta de la NTP 400.010. Para un tamaño de agregado de $3/8''$ o 9.5mm fue 10 kg y de $N^{\circ}4$ (4.75mm) se obtuvo 10 kg .

Se obtuvo 3 cantidades seleccionadas al azar de la muestra general y se combinó formando una muestra con masa igual o mayor al mínimo recomendado. Tuvo como objetivo la aceptación o rechazo de los materiales.

Arena. Se obtuvo directamente de la cantera La Victoria (Pátapo), ubicada en el distrito de Pátapo- provincia de Chiclayo del departamento de Lambayeque.

Se obtuvo por muestreo de la pila, obteniendo de la parte inferior, media y superior.

Ilustración 9 Cantera para arena: La Victoria- Pátapo



Fuente: Elaboración propia

Agregado grueso. Es una grava extraída de la cantera tres tomas de la provincia de Ferreñafe. El uso del agregado grueso para la elaboración de los adoquines es de reducido tamaño ya que las medidas de la misma unidad limitan su tamaño. Considerando al confitillo como un agregado teóricamente intermedio por su TMN de 3/8” [12] que es producto de la trituración de la piedra.

Cemento. Considerando que se encontrara en contacto con humedad, sales y sulfatos ya sea en la capa de arena y en contacto directo con la intemperie se usó el cemento Pacasmayo MS (HS) por su acceso y uso comercial en la ciudad de Chiclayo.

Ilustración 10 Cemento Tipo MS (HS) FORTIMAX- PACASMAYO



Fuente: Elaboración propia

Fibra de aramida. Se adquirió en conos de hilo amarillo de 250 g con 1500 metros de la empresa maruplast por su acceso comercial con certificado de calidad ISO 9001. Para obtener la fibra se colocó en hojas adhesivas de 1m x 0.9m para terminar cortándolo cada 1cm en una imprenta utilizando la guillotina. Finalmente se procede a retirar la fibra de los cortes obtenidos.

Ilustración 11 Pasos para obtener la fibra Kevlar 20



Fuente: Elaboración propia

Molde para la fabricación de adoquines. Se tuvo en cuenta la normativa NTP 339.611 para el espesor mínimo de 80 mm para adoquín de tránsito pesado. En su fabricación se usó planchas de 3 mm de espesor para mayor seguridad evitando que se flexione o no pueda resistir el movimiento generado por la mesa vibratoria y soldado con un ángulo de 90° con uso desmoldante.

Ilustración 12 Molde para adoquines de (20 x 10 x 8) cm



Fuente: Elaboración propia

Recipiente para los especímenes cilíndricos. Los recipientes usados fueron propiedad del laboratorio de la institución, tuvieron las siguientes dimensiones internas 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Molde para las vigas prismáticas: Fueron adquiridas mediante alquiler por día, la capacidad del recipiente fue de 3 unidades con las dimensiones internas de 7.5 x 7.5x28.5 cm.

Ilustración 13 Molde para vigas prismáticas



Fuente: Elaboración propia

Datos de los ensayos realizados

Caracterización de los agregados

Granulometría del agregado grueso

La cantidad mínima de la muestra de agregado grueso para un TMN de 3/8 pulg es 1kg como mínimo.

Ilustración 14 Procedimiento: Granulometría del confitillo



Fuente: Elaboración propia

El peso inicial para la granulometría de la arena fue de 1000.00 gramos, se usó la malla ½” 3/8”, N°04, N°08, N°16 para realizar el gráfico de granulometría y se consideró los tamices menores para verificar la cantidad de finos.

Ilustración 15 Procedimiento: Granulometría de la arena



Fuente: Elaboración propia

El peso inicial para la granulometría de la arena fue de 1290.28 gramos, se usó la malla 3/8”, N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 para determinar el peso retenido, teniendo en cuenta que no se consideró la malla N°200 para el módulo de fineza.

Tabla 23 Datos: Granulometría del confitillo y la arena

CONFITILLO			ARENA		
N Tamiz		Peso retenido (g)	N Tamiz		Peso retenido (g)
Pulg.	(mm)		Pulg.	(mm)	
1/2"		0	3/8"	9.500	0.00
3/8"	9.500	12.86	N° 4	4.750	53.49
N° 4	4.750	462.99	N° 8	2.360	185.68
N° 8	2.360	427.89	N° 16	1.180	274.08
N° 16	1.180	89.79	N° 30	0.600	261.03
N° 30	0.600	3.92	N° 50	0.300	267.43
N° 50	0.300	0.16	N° 100	0.150	132.06
N° 100	0.150	0.10	N° 200	0.750	78.34
N° 200	0.075	0.36	Fondo:		33.8
Fondo:		0.77	Total, retenido:		1285.91
Total, retenido:		998.84	Peso inicial:		1290.28
Peso inicial:		1000			

Fuente: Elaboración propia

Obteniendo los datos de los pesos retenido se procedió al análisis de datos y realizar la gráfica, la malla N°30, N°50, N°100, N°200 en el confitillo se consideró como fondo.

Peso unitario suelto de la arena y del confitillo

Ilustración 16 Datos del P.U. de la Arena



Fuente: Elaboración propia

Se procedió a pesar el material suelto a nivel de la parte superior del molde.

Ilustración 17 Procedimiento P.U. del confitillo



Fuente: Elaboración propia

Se procedió a pesar el material suelto cuando estaba a nivel de la parte superior del molde.

Tabla 24 Datos del Peso Unitario Suelto de la arena y del confitillo

Descripción		Arena		Confitillo	
Datos	unidad	Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2
Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.30	0.152x0.30	0.152x0.30	0.152x0.30
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Suelta	kg	19.068	19.061	17.573	17.570

Fuente: Elaboración propia

Se considero dos nuestras como mínimo para obtener uniformidad.

Peso unitario compactado del Arena y del Confitillo

Ilustración 18 Pesos obtenidos P. U. C. del Arena



Fuente: Elaboración propia

Después de la eliminación de vacíos por medio de compactación con la varilla se procedió a pesar, el agregado debe estar seco superficialmente.

Ilustración 19 Procedimiento: Peso Unitario Compactado del confitillo



Fuente: Elaboración propia

Después de la eliminación de vacíos por medio de compactación con la varilla se procedió a pesar, el agregado debe estar seco superficialmente.

Tabla 25 Datos del Peso Unitario Compactado del Arena

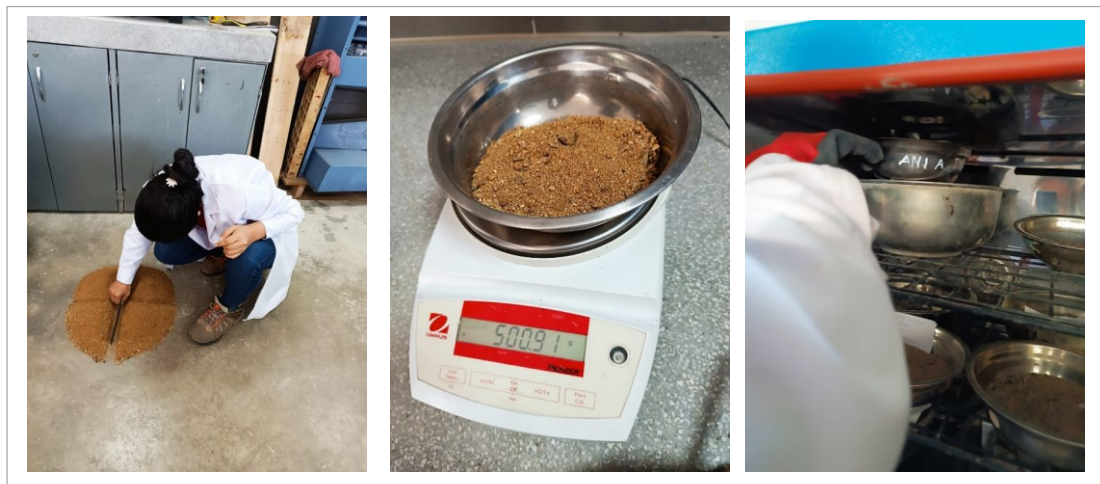
Descripción		Arena		Confitillo	
Datos	Unidad	Valor 1	Valor 2	Valor 1	Valor 2
Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.30 6	0.152x0.30 6	0.152x0.30 6	0.152x0.30 6
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Seca	kg	18.616	18.625	18.616	18.625

Fuente: Elaboración propia

Después de considerar para cada capa 1/3 de acuerdo con la altura del molde, 25 varilladas y 15 golpes con el martillo de goma.

Contenido de humedad del Arena y del confitillo

Ilustración 20 Procedimiento para contenido de humedad De la arena



Fuente: Elaboración propia

Se considero el cuarto como método de obtener una muestra para mayor homogeneidad.

Ilustración 21 Procedimiento para contenido de humedad Agregado Grueso



Fuente: Elaboración propia

Se considero el cuarto como método de obtener una muestra para mayor homogeneidad.

Tabla 26 Datos: Contenido de humedad del de la arena

		Arena	Confitillo
Datos	Unidad	Valor	Valor
Peso del Recipiente (A)	g	78.28	113.83
Peso del Recipiente + muestra húmeda (B)	g	579.19	1735.22
Peso del Recipiente + Muestra seca (C)	g	560.61	1729.69

Fuente: Elaboración propia

Se peso antes de colocarlo al horno considerada como superficialmente seca, en condiciones naturales y también después de sacarla del horno considerada como muestra seca.

Peso específico y absorción del de la arena

Ilustración 22 Procedimiento: Peso Específico y absorción del de la arena



Fuente: Elaboración propia

Se considero la arena que pasa por la malla N°04 con un peso inicial de 500 gramos considerada como tamizada.

Tabla 27 Datos: Peso Específico y absorción de la arena

Datos	Unidad	Valor
Peso de la Muestra Sup. Seca (A)	g	500.00
Peso de la Fiola	g	197.49
Peso Fiola + Agua (B)	g	695.85
Peso del Agua	g	498.36
Peso Agregado Seco al Horno + Bandeja (G)	g	571.98
Peso Bandeja	g	78.16
Peso Agregado Seco al Horno (E)	g	493.82
Peso Agregado Saturado + Fiola + Agua (C)	g	1005.74

Fuente: Elaboración propia

Peso específico y absorción del agregado grueso

Ilustración 23 Procedimiento: Peso Específico y absorción del confitillo



Fuente: Elaboración propia

Se considero el material que pasa por la malla N°04 por ser un agregado mediano, y se usó el matraz por el tamaño del agregado, usando el mismo procedimiento que la arena.

Tabla 28 Datos: Peso Específico y absorción del confitillo

Datos	Unidad	Valor
Peso de la Muestra Sup. Seca (A)	g	500.00
Peso de la Matraz	g	197.49
Peso Matraz + Agua (B)	g	675.47
Peso del Agua	g	477.98
Peso Agregado seco + Bandeja (G)	g	539.55
Peso Bandeja	g	41.81
Peso Agregado Seco en el horno (E)	g	497.74
Peso Agregado Saturado + Matraz + Agua (C)	g	993.13

Fuente: Elaboración propia

Se colocó el peso de los materiales de acuerdo con el procedimiento para luego proceder con el procesamiento de datos.

Inalterabilidad de los agregados por medio de sulfato de magnesio

Ilustración 24 Procedimiento: Durabilidad por Sulfato de Magnesio para la arena y el confitillo.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Datos para ensayo de sulfato de magnesio de la arena y confitillo

Descripción		Arena			Confitillo		
Tamaño de los tamices	Retiene	Gradación	Retenido	Retenido	Gradación	Retenido	Retenido
		Original	Antes	Antes	Original	Antes	Después
		(peso)	(peso)	(peso)	(peso)	(peso)	(peso)
3/8"	N° 4	100.0 g	100.3 g	100.0 g	100.2 g	100.0 g	99 g
9.5 mm	4.75 mm						
N° 4	N° 8	120.5 g	100.4 g	120.5 g	463.0 g	100.1g	98.2 g
4.75 mm	2.36 mm						
N° 8	N° 16	185.7 g	100.0 g	185.7 g	427.9 g	185.7 g	98.2 g
2.36 mm	1.18 mm						
N° 16	N° 30	274.1 g	100.0 g	274.1 g	100.0 g	100.0 g	94.5 g
1.18 mm	600 µm						
	Totales	680.3 g	400.7 g	680.3 g	1091.1 g	400.2 g	385.3 g

Fuente: Elaboración propia

Se consideró los mismos tamices tanto para la arena y el confitillo ya que es un agregado mediano, se consideró los pesos retenidos antes y después del último ciclo.

- **Diseño de mezcla y slump para un a/c de 0.30, 0.32, 0.34, 0.36**

Tabla 30 Datos para determinar el a/c optimo

CONCRETO							
Tipo de estructura	Pavimento intertrabado						
Asentamiento	1"						
F'c (kg/cm²)	561 kg/cm ²						
Tipo de cemento	Pacasmayo MS (HS)						
Relación a/c	0.30						
	0.32						
	0.34						
	0.36						
Insumo	Peso Específico Seco kg/m ³	Peso Unitario Compactado kg/m ³	Peso Unitario kg/m ³	Tamaño Máximo Nominal	Módulo de Fineza	Absorción %	Humedad %
Cemento Ms	2930	-	-	-	-	-	-
Agua	1000	-	-	-	-	-	-
A. Fino	2603.91	-	1561.51	-	2.95	1.00	3.85
A. Grueso	2729.74	1541.7	1348.17	3/8"	-	0.45	0.34

Fuente: Elaboración propia

Se uso los resultados de los ensayos antes mencionados a los agregados para poder realizar el diseño de mezcla según el ACI 211 para cada relación agua/ cemento y poder hacer la mezcla de los materiales seguido de las correcciones se seleccionaron según la consistencia y el asentamiento de 1 pulgada considerada en el diseño.

Resistencia a compresión óptima

Ilustración 25 Especímenes para diseño optimo



Fuente: Elaboración propia

Se elaboraron 3 unidades para edad de 7, 14, 21 y 28 días del diseño de mezcla para cada a/c de 0.32 y 0.34 para determinar la resistencia a compresión óptima.

Tabla 31 Datos de la resistencia a compresión para el diseño óptimo

Tiempo de curado	Para a/c = 0.32		Para a/c = 0.34	
	Cargas	R. Compresión	Cargas	R. Compresión
(días)	kgf	kg/cm ²	kgf	kg/cm ²
7	36635.2	466.5	36771.8	468.2
	24109.7	307.0	38917.3	495.5
	35647.5	453.9	32998.6	420.2
14	37503.8	477.5	40817.2	519.7
	39537.5	503.4	39023.7	496.9
	40114.3	510.8	42627.8	542.8
21	42180.5	537.1	41026.7	522.4
	38330.9	488.0	41757.3	531.7
	40434.7	514.8	40183.9	511.6
28	44920.0	571.9	44560.7	567.4
	44820.9	570.7	44325.8	564.4
	43720.8	556.7	43688.9	556.3

Fuente: Elaboración propia

Después de la edad de curado para cada espécimen de diseño de mezcla se procedió a con el ensayo de resistencia a compresión, se registró la carga aplicada y su resistencia de acuerdo con el equipo de compresión para luego analizar los datos y elegir el diseño que tenga mejor resistencia para proceder con la elaboración de adoquines.

Materiales para la elaboración de adoquines, especímenes cilíndricos y vigas rectangulares prismáticas

Tabla 32 Volumen de los moldes

VOLUMEN DE UNA TANDA - MOLDE CILINDRICO

MOLDE	DIMENSIONES	0.152 m	0.304 m
	Área O:	0.01815 m ²	181.46 cm ²
	Volumen molde:	0.00552 m ³	5516.3351 cm ³

VOLUMEN- MOLDE ADOQUIN

MOLDE	DIMENSIONES	0.020 m	0.080 m
	Área O:	0.02000 m ²	200.00 cm ²
	Volumen molde:	0.0016 m ³	1600.0000 cm ³

VOLUMEN- MOLDE VIGAS DE SULFATO

MOLDE	DIMENSIONES	0.021 m	0.075 m
	Área O:	0.02138 m ²	213.75 cm ²
	Volumen molde:	0.0016 m ³	1603.1250 cm ³

Fuente: Elaboración propia

La población involucra tres moldes para poder determinar las variables, se presentó los volúmenes para poder determinar la cantidad de los materiales ya que se tiene un diseño optimo.

Tabla 33 Materiales para cada molde

<i>Materiales</i>	<i>Diseño optimo</i>	<i>Espécimen</i>	<i>Adoquín (und)</i>	<i>Vigas-Sulfatos</i>
<i>Cemento</i>	1074.009 Kg/m ³	6.517 kg	1.718 kg	1.722 kg
<i>Agua</i>	343.748 L/m ³	2.086 L	0.550 L	0.551 L
<i>A. Fino</i>	458.169 Kg/m ³	2.780 kg	0.733 kg	0.735 kg
<i>A. Grueso</i>	486.249 Kg/m ³	2.951 kg	0.778 kg	0.780 kg
<i>Peso</i>	2362.175 Kg/m ³	14.334 kg	3.779 kg	0.023 kg

Fuente: Elaboración propia

Se determino la cantidad de material para cada espécimen sin considerar desperdicio.

Tabla 34 Materiales para adoquines

MATERIALES POR DISEÑO				
Materiales	M0	M1	M2	M3
Cemento (kg)	37.891	37.891	37.891	37.891
Agua (L)	12.127	12.127	12.127	12.127
A. Fino (kg)	16.164	16.164	16.164	16.164
A. Grueso (kg)	17.155	17.155	17.155	17.155
FK	0.000	92.783 g	139.175 g	185.566 g
TOTAL	83.338	83.430	83.477	83.523

Fuente: Elaboración propia

Para todas las muestras se consideró 21 unidades.

Tabla 35 Materiales para especímenes cilíndricos

MATERIALES POR DISEÑO - CILINDRICO

Materiales	M0	M1	M2	M3
<i>Cemento (kg)</i>	28.675	7.169	7.169	28.675
<i>Agua (L)</i>	9.178	2.294	2.294	9.178
<i>A. Fino (kg)</i>	12.233	3.058	3.058	12.233
<i>A. Grueso (kg)</i>	12.982	3.246	3.246	12.982
FK	0.000	16.756 g	25.134 g	121.862 g
TOTAL	63.068	15.784	15.792	63.190

Fuente: Elaboración propia

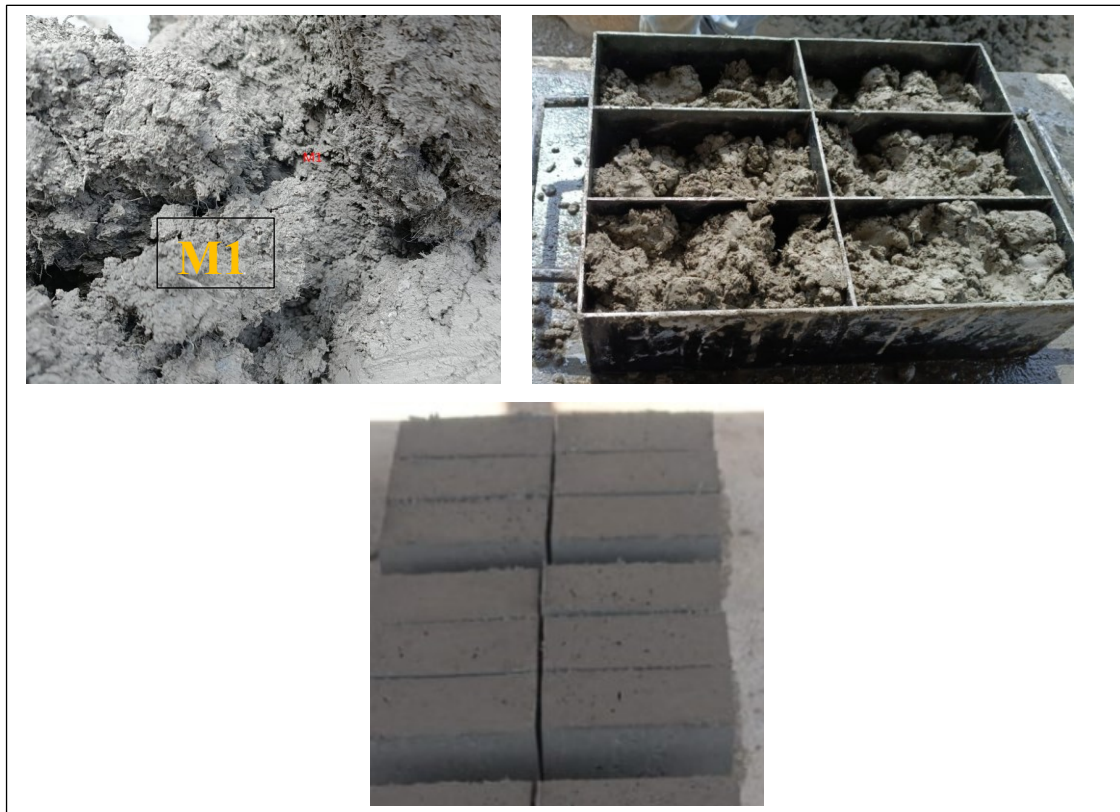
Para M0 y M3 se consideró 4 unidades, mientras que M1 y M2 se consideró 1 unidad.

Tabla 36 Materiales para especímenes de sulfato

MATERIALES POR DISEÑO - VIGAS PARA SULFATO		
Materiales	M0	M3
Cemento (kg)	5.682	5.682
Agua (L)	1.819	1.819
A. Fino (kg)	2.424	2.424
A. Grueso (kg)	2.572	2.572
FK	0.000	8.854 g
TOTAL	12.497	12.505

Fuente: Elaboración propia

Se determinó la cantidad de material para cada diseño de acuerdo con el criterio de selección de porcentajes de adición en donde detalla la cantidad de material para cada adición de acuerdo con el volumen del molde de adoquín. La cantidad de adoquines fue de 21 para cada diseño.

Ilustración 26 Elaboración de adoquines

Fuente: Elaboración propia

Se inicio pesando los agregados para luego de colocados en la mezcladora vertical que se muestra en la siguiente figura, luego se procedió con el llenado en el molde y se procedió con el vibrado en dos capas con respecto a la altura del molde para terminar desmoldando en una superficie limpia y uniforme.

Ilustración 27 Mezcla de los materiales para adoquines

Fuente: Elaboración propia

Se logro observar una mejor mezcla de los agregados y la fibra en la mezcladora vertical que en el tipo trompo que es comúnmente usado.

Determinación del slump del concreto adicionando FK

Tabla 37 Datos para realizar el slump del concreto incorporando FK

MUESTRA	FIBRA KEVLAR	CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
M0	0 g	6.655 kg	2.839 kg	3.013 kg	2.130 lt
M1	17.518 g	6.655 kg	2.839 kg	3.013 kg	2.130 lt
M2	26.277 g	6.655 kg	2.839 kg	3.013 kg	2.130 lt
M3	35.035 g	6.655 kg	2.839 kg	3.013 kg	2.130 lt

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener el diseño optimo por resistencia a compresión se procedió a determinar el slump para cada muestra (M0, M1, M2 Y M3) incorporando los porcentajes de FK que corresponde a cada muestra con las cantidades de los materiales óptimos.

Volumen De Una Tanda - Molde Cilíndrico

DIMENSIONES	0.152 m	0.304 m
Área:	0.01815 m ²	181.46 cm ²
Volumen molde:	0.00552 m ³	5516.3351 cm ³

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la temperatura del concreto al incorporar FK

Tabla 38 Datos: Temperatura del concreto

Materiales para cada diseño	Valor
Cemento	6.587 Kg
Agua	2.108 Lt
De la arena	2.929 Kg
Agregado grueso	3.013 Kg
M0 -FK	0.000 Kg
M1 – FK	0.0175 Kg
M2 – FK	0.0263 Kg
M3 - FK	0.0350 Kg

Fuente: Elaboración propia

Se tomo como dato a la cantidad de los materiales que serán mezclados para evaluar el cambio de temperatura dentro del tiempo de fraguado inicial.

Determinación del peso unitario del concreto al incorporar FK

Tabla 39 Datos para obtener la densidad del concreto

DESCRIPCIÓN	M0	M1	M2	M3
LARGO	0.301 m	0.301 m	0.301 m	0.301 m
DIÁMETRO	0.151 m	0.151 m	0.151 m	0.151 m
VOLUMEN	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³
PESOS OBTENIDOS				
PROBETA	10.000 Kg	10.120 Kg	10.170 Kg	10.080 Kg
PROBETA + CONCRETO	22.150 Kg	22.050 Kg	21.410 Kg	21.150 Kg

Fuente: Elaboración propia

Se tomo la mezcla del ensayo de temperatura para evaluar el peso unitario del concreto, realizando así los dos ensayos en una sola mezcla.

Variación dimensional en los adoquines

Ilustración 28 Procedimiento: Toma de medidas de los adoquines



Fuente: Elaboración propia

Se tomaron los datos de todas la unidades de los 28 días de curado con un Vernier para tener mejor precisión.

Tabla 40 Datos obtenidos de las medidas de los adoquines

Descripción	Largo (L) cm		Ancho (L) cm		Espesor (L) cm	
	L1	L2	A1	A2	E1	E2
M0	20.12	19.95	10.08	9.90	8.30	8.26
	20.15	19.81	10.10	10.05	8.26	8.18
	20.01	19.90	9.90	10.00	7.95	8.10
M1	20.12	19.95	10.12	9.95	7.85	7.92
	19.90	20.05	9.98	10.12	8.18	7.95
	20.15	19.98	10.12	10.22	8.12	8.26
M2	20.05	19.85	10.05	10.16	7.92	7.54
	20.10	19.93	9.95	10.05	7.94	8.27
	20.01	19.90	10.15	10.10	7.95	8.12
M3	19.95	20.15	10.08	9.98	8.10	8.22
	20.12	19.92	10.12	9.90	7.96	8.15
	20.10	19.90	10.02	10.12	8.25	8.07

Fuente: Elaboración propia

Después de los 28 días de curado se procedió a tomar las medidas de los adoquines para cada muestra con variación de 0.00 cm, se consideró 3 unidades por cada muestra según la NTP 399.604 debiendo cumplir los parámetros de la NTP 399.611.

Resistencia a compresión de los adoquines

Ilustración 29 Adoquines para Resistencia a Compresión



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar como referencia la muestra con M1: 0.2% de adición FK, después de la edad 7 y 28 días se procede a realizar el ensayo de resistencia a compresión.

Tabla 41 Datos: Resistencia a compresión del adoquín a 7 y 28 días

EDAD	M0	M1	M2	M3
Días	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²
7	352.1	392.4	389.0	411.5
	351.9	359.8	381.5	438.7
	345.8	363.4	402.3	405.2
28	564.8	564.4	584.3	608.4
	566.3	579.5	584.0	604.2
	571.1	580.4	572.2	609.1

Fuente: Elaboración propia

Se considero un área de contacto (200 cm²) para determinar la resistencia a compresión. Luego se procede a analizar los datos.

Resistencia a la tracción por flexión de los adoquines incorporando FK

Ilustración 30 Adoquines a usar



Fuente: Elaboración propia

Se observa el inicio del curado de todas las muestras, incluido las unidades para el ensayo de tracción por flexión de los adoquines.

Tabla 42 Datos: Resistencia a tracción por flexión del adoquín

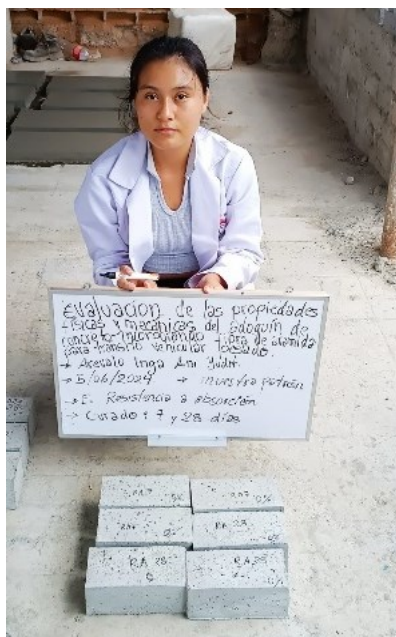
Descripción	M0		M1		M2		M3	
Días	N	Mpa	N	Mpa	N	Mpa	N	Mpa
7	10417	3.666	13637	4.794	11801	4.149	12304	4.326
	11564	4.070	12282	4.318	12509	4.398	10629	3.737
	12526	4.408	10397	3.655	11539	4.057	11396	4.006
28	18247	6.415	20895	7.346	23152	8.139	20012	7.036
	17560	6.173	19424	6.829	21092	7.415	20503	7.208
	17952	6.311	19620	6.898	19031	6.691	20993	7.380

Fuente: Elaboración propia

Se considero una longitud entre apoyos de 150 mm, un espesor de 80 mm y un ancho de 100mm para cada unidad para realizar la resistencia de tracción por flexión.

Determinación de la absorción del adoquín

Ilustración 31 Adoquines para determinar la absorción (muestra patrón)



Fuente: Elaboración propia

Se observa adoquines antes del curado, las unidades están destinadas al ensayo de absorción.

Tabla 43 Datos para determinar la absorción del adoquín a los 7 días de curado

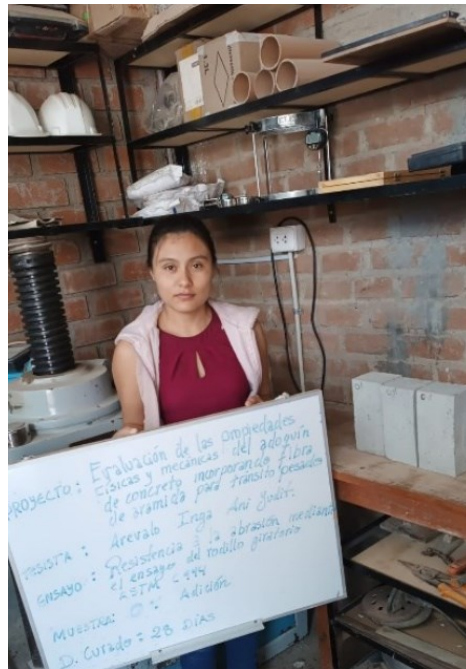
DESCRIPCIÓN	7 DÍAS		28 DÍAS	
	Peso Saturado (ws)	Peso seco al horno (wd)	Peso Saturado (ws)	Peso seco al horno (wd)
M0	3520.00 g	3349.85 g	3510.00 g	3360.00 g
	3590.00 g	3427.16 g	3580.00 g	3410.00 g
	3540.00 g	3372.30 g	3570.00 g	3420.00 g
M1	3570.00 g	3400.40 g	3500.00 g	3340.00 g
	3610.00 g	3441.38 g	3530.00 g	3370.00 g
	3530.00 g	3370.79 g	3510.00 g	3350.00 g
M2	3608.91 g	3440.00 g	3560.00 g	3380.00 g
	3514.41 g	3340.00 g	3580.00 g	3410.00 g
	3587.71 g	3420.00 g	3580.00 g	3420.00 g
M3	3672.90 g	3500.00 g	3600.00 g	3450.00 g
	3632.52 g	3450.00 g	3550.00 g	3390.00 g
	3645.82 g	3500.00 g	3590.00 g	3430.00 g

Fuente: Elaboración propia

Se registraron los pesos de las unidades teniendo en cuenta el procedimiento, el cual se registró el peso saturado después de retirar del agua y estando seco superficialmente, también se consideró el peso seco cuando fue retirado del horno para luego realizar el procesamiento de datos y determinar el porcentaje de absorción de cada unidad y el promedio para cada muestra.

Resistencia a la abrasión de superficies de concreto con el método de rodillo giratorio

Ilustración 32 Muestreo para determinar la abrasión del adoquín



Fuente: Elaboración propia

Se observa una foto representativa de una de las muestras se serán sometidas a abrasión mediante el rodillo giratorio.

Tabla 44 Adoquines sometido a abrasión



Fuente: Elaboración propia

Se observa el desgaste de todas las muestras con 28 días de curado que fueron sometidos a tres ciclos de desgaste por el rodillo giratorio.

Tabla 45 Datos: Desgaste por abrasión

DESCRIPCION		CICLOS DE DESGASTE			
MUESTRAS	Unidades	C0	C1	C2	C3
M0	U1	3522	3520	3519	3517
	U2	3553	3551	3549	3548
	U3	3546	3543	3542	3541
M1	U1	3511	3509	3507	3506
	U2	3473	3471	3470	3469
	U3	3571	3569	3567	3565
M2	U1	3563	3561	3560	3559
	U2	3657	3655	3654	3653
	U3	3578	3577	3576	3574
M3	U1	3504	3503	3500	3499
	U2	3533	3531	3529	3528
	U3	3473	3472	3471	3470

Fuente: Elaboración propia

Se registro C0 como masa inicial, C1, C2 Y C3 son masas que fueron sometidos cada 2 minutos al desgaste por el rodillo giratorio. Luego se realizó el procesamiento de datos.

Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos

Ilustración 33 Procedimiento: Cambio de longitud por sulfato de sodio



Fuente: Elaboración propia

Se observa la toma de medida del espécimen en el comparador de longitud.

Ilustración 34 Especímenes expuesto a sulfatos



Fuente: Elaboración propia

Se observa la coloración, porosidad al ser expuesto a sales.

Tabla 46 Datos: Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos

Muestras	M3			M0		
	Barra 1	Barra 2	Barra 3	Barra 1	Barra 2	Barra 3
Tiempo de Lectura						
Semana 0	4.621	4.627	4.625	4.521	4.627	4.625
Semana 1	4.635	4.639	4.642	4.535	4.639	4.642
Semana 2	4.653	4.658	4.664	4.553	4.658	4.664
Semana 3	4.667	4.670	4.675	4.567	4.670	4.675
Semana 4	4.675	4.677	4.684	4.575	4.677	4.684

Fuente: Elaboración propia

Se registro todas las medidas obtenidas del comparador de longitud para da unida de muestreo y se procedió al procesamiento de la información.

Coefficiente de Poisson

Tabla 47 Procedimiento: Coeficiente de Poisson



Fuente: Elaboración propia

Se observa al espécimen ser sometido a fuerza en el ensayo del coeficiente de Poisson.

Tabla 48 Datos: Coeficiente de Poisson

Muestras	M0			M3		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3
D1	15.20	15.21	15.18	15.24	15.21	15.23
D2	15.20	15.50	15.02	15.37	15.28	15.33
H1	30.10	30.40	30.15	30.40	30.60	30.30
H2	30.20	30.30	30.20	30.30	30.50	30.30
Carga (kg)	644.75	674.05	463.07	730.1	765.24	751.01
Y	1.31	1.42	0.474	1.617	1.943	1.861
X	0.181	0.194	0.055	0.141	0.172	0.163

Fuente: Elaboración propia

Se registraron los datos obtenidos según el procedimiento de ejecución del ensayo.

Resultados y discusión

Resultados

Caracterización de los agregados

Tabla 49 Caracterización de los agregados

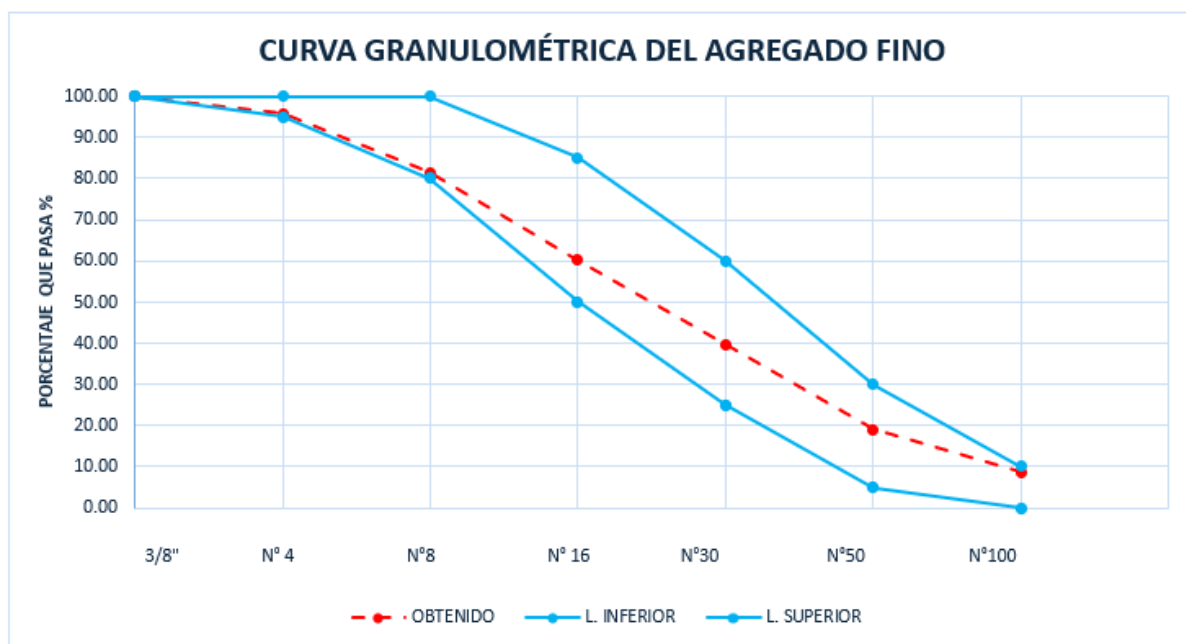
Insumo	Peso Especifico Seco kg/m ³	Peso Unitario Compactado kg/m ³	Peso Unitario Suelto kg/m ³	Tamaño Máximo Nominal	Módulo de Fineza	Absorción %	Humedad %
A. Fino	2603.76	-	1561.51	-	2.95	1	3.85
A. Grueso - Confitillo	2729.74	1541.7	1348.17	3/8"	-	0.45	0.34

Fuente: Elaboración propia

El módulo de fineza para la arena fue 2.95 se considera ya que estaba dentro de los parámetros de 2.3 y 3.1. según la NTP 400.037.

Curvas granulométricas de los agregados

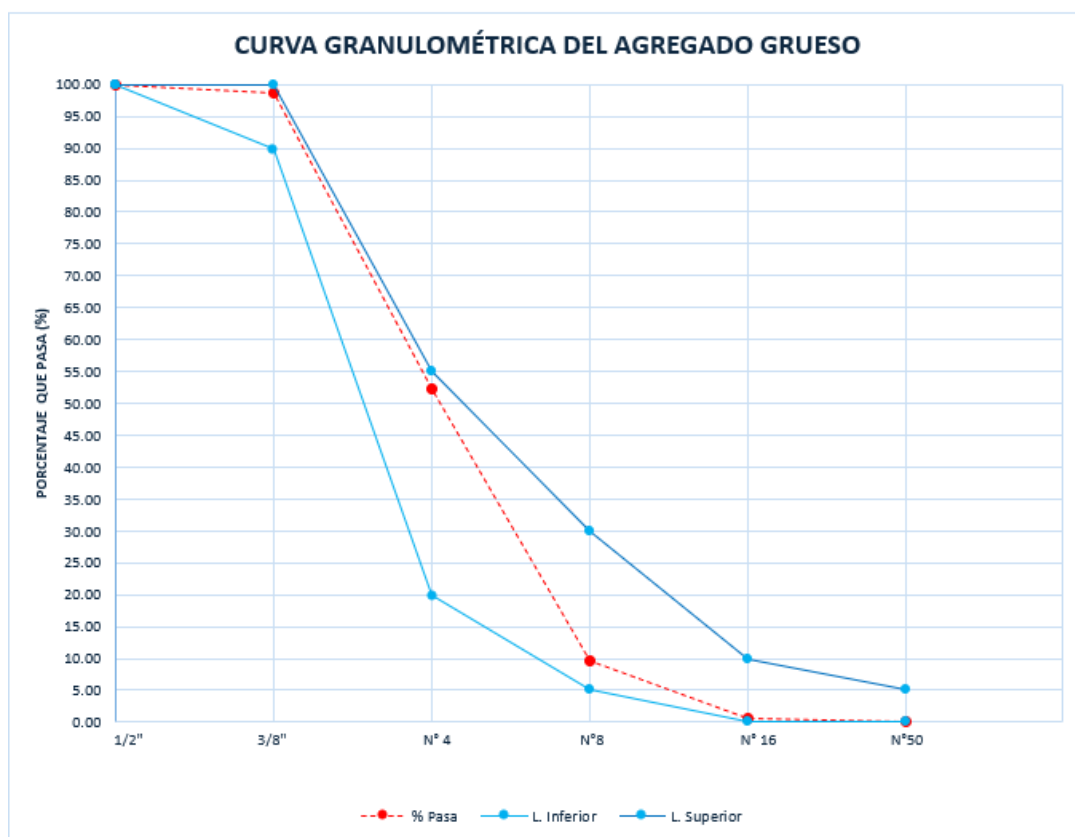
Tabla 50 Curva granulométrica de la arena



Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se procedió a realizar determinar los porcentajes que pase por cada tamiz y compararlo a la NTP el cual estaba dentro de la curva del límite mínimo y máximo para cada tamiz, por lo que fue utilizado para la investigación.

Tabla 51 Curva granulométrica del agregado grueso



Fuente: Elaboración propia

Para determinar los porcentajes que pasa solo se consideró los pesos retenidos en el tamiz $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°8, N°16, N°50 teniendo un TMN de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{8}$ " luego se procedió a graficar la curva granulométrica de acuerdo con el HUSO 89 de la tabla 4 según la NTP 400.037. La curva granulométrica del confitillo se encuentra dentro del límite mínimo y máximo normalizado.

Inalterabilidad de los agregados por medio de sulfato de magnesio

Tabla 52 Resultados: Inalterabilidad de los agregados por medio de sulfato de magnesio

TAMICES		Arena	Confitillo
Pasa	Retiene	% de pérdida pesado	% de pérdida pesado
$\frac{3}{8}$ "	N° 4	0.72	0.10
9.5 mm	4.75 mm		
N° 4	N° 8	0.70	0.81
4.75 mm	2.36 mm		
N° 8	N° 16	0.71	2.16
2.36 mm	1.18 mm		
N° 16	N° 30	0.64	0.59
1.18 mm	600 μ m		
Desgaste Total		2.8%	3.65%

Fuente: Elaboración propia

Se observo mayor desgaste en el confitillo que en la arena, pero las pérdidas de masa no se consideran significativa ya que no supera el 12% como agregado grueso, y la arena no supera el 10% de acuerdo con la ASTM C 88. Estos contribuyen a la resistencia del concreto frente a ataques químicos y mecánicos debido a que tienen bajo riesgo de degradación y alta durabilidad.

Determinación del asentamiento optimo del concreto para la muestra patrón

Tabla 53 Asentamiento del concreto para el diseño optimo

<i>Relación agua / cemento</i>	<i>Slump de cada diseño</i>
<i>a/c = 0.30</i>	No se logró determinar el slump ya que no se mantenida la cohesión de la mezcla, se observo
<i>a/c = 0.32</i>	Se observo una buena consistencia y se logró tener un slump de 1" de acuerdo con el diseño de mezcla.
<i>a/c = 0.34</i>	Se observo una buena consistencia y se logró tener un slump de 1" de acuerdo con el diseño de mezcla.
<i>a/c = 0.36</i>	Se logro medir un slump de 0", se observó una cohesión en la mezcla, pero el consumo de agua supero 1.00 L para la corrección por slump y no llego a tener un slump mínimo de 1".

Fuente: Elaboración propia

Mediante el cono de Abrams se determinó el slump de cada diseño, se tomó el diseño de mezcla de la a/c de 0.32 y 0.34 para determinar el diseño optimo mediante la resistencia a compresión ya que cumplen con la trabajabilidad, consistencia y fluides del concreto en estado plástico. De acuerdo con la ASTM C 143 el asentamiento entre 0 y 50 mm indica una mezcla muy rígida.

Resistencia a compresión óptima

Tabla 54 Resultados: Resistencia a compresión promedio el diseño optimo

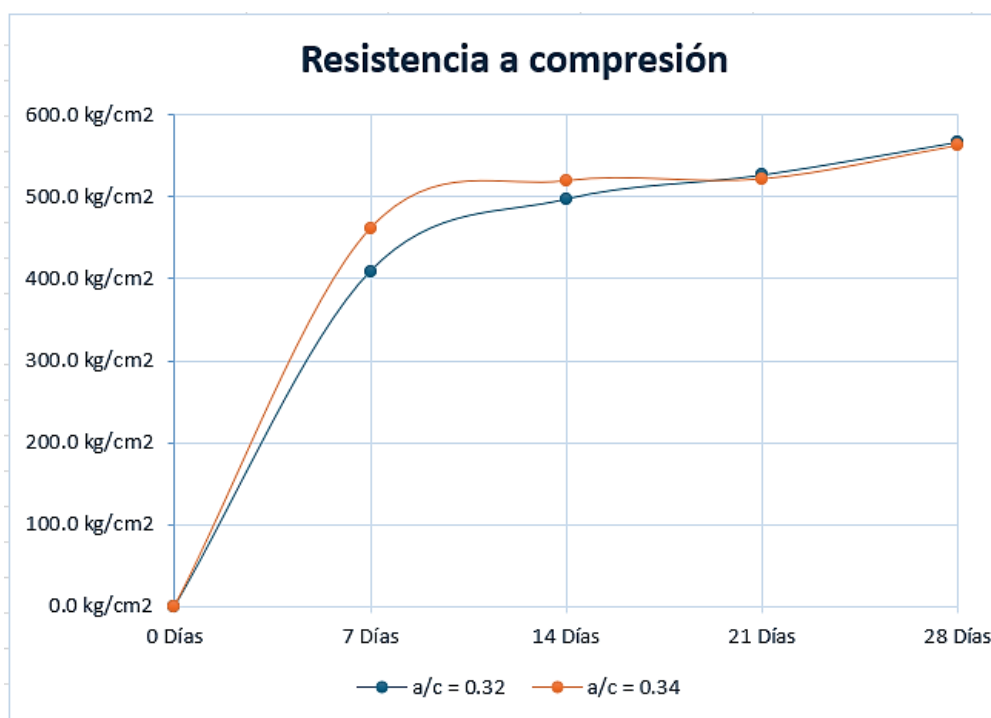
a/c	Días	Promedio kg/cm2	Promedio (%)
0.32	7	409.1	72.92
	14	497.2	88.63
	21	526.4	93.83
	28	566.4	100.97

a/c	Días	Promedio kg/cm ²	Promedio (%)
0.34	7	461.3	82.23
	14	519.8	92.65
	21	521.9	93.03
	28	562.7	100.30

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el promedio para cada día de curado de cada diseño de mezcla. Se determinó el porcentaje con respecto a la resistencia de diseño.

Ilustración 35 Comparación de la resistencia a compresión para el diseño óptimo



Fuente: Elaboración propia

Al comparar las resistencia a compresión de observo que a los 7 días iniciaron con más del 70% para un $F'c$ de 651 kg/cm² de diseño. Desde los 7 a los 28 días se observó como el diseño de 0.32 va aumentando su resistencia mientras que el a/c de 0.34 inicia con más del 80% a los 7 días, pero a los 14 y 21 su incremento es mínimo por lo que el a/c de 0.32 gana más resistencia a los 28 días, el cual se determinó como diseño óptimo para elaborar los adoquines.

Determinación del Slump del concreto incorporando FK

Se obtuvo los siguientes asentamientos para la muestra patrón y con adiciones.

Tabla 55 Resultados: Slump del concreto adicionando FK

Muestras	Asentamiento
Muestra 0	1 pulg
Muestra 1 (+0.2% adición)	1 pulg
Muestra 2 (+0.3% adición)	0.9 pulg
Muestra 3 (+0.4% adición)	0.8 pulg

Fuente: Elaboración propia

A mayor contenido de FK es menor el asentamiento del concreto, ya que tiene menos fluides y mayor consistencia que puede afectar la trabajabilidad.

Determinación de la temperatura del concreto al incorporar FK

Tabla 56 Resultados: Temperatura del concreto incorporando FK

Muestras	Temperatura C°	Temperatura F°
M0	31.5	88.7
M1	31.5	88.7
M2	31.5	88.7
M3	31.5	88.7

Fuente: Elaboración propia

No se observó una variación en la temperatura del concreto al adicionar FK.

Determinación del peso unitario del concreto al incorporar FK

Tabla 57 Resultados: P.U. del concreto incorporando FK

Descripción	M0	M1	M2	M3
Largo	0.301 m	0.301 m	0.301 m	0.301 m
Diámetro	0.151 m	0.151 m	0.151 m	0.151 m
Volumen	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³
Pesos obtenidos				
Probeta	10.000 Kg	10.120 Kg	10.170 Kg	10.080 Kg
Probeta + concreto	22.150 Kg	22.050 Kg	21.410 Kg	21.150 Kg
Concreto	12.1500	11.9300	11.2400	11.0700
Peso Unitario del Concreto (Kg/m³)	2269.065	2227.979	2099.118	2067.370

Fuente: Elaboración propia

Se logro observar una densidad mayor en la M0 y menor en la M3.

Variación dimensional de los adoquines

Tabla 58 Resultados: Variación dimensional incorporando FK

	Largo (L) cm			Ancho (A) cm			Altura (H) cm		
	L1	L2	CUMPLE	A1	A2	CUMPLE	E1	E2	CUMPLE
M0	20.12	19.95	Cumple	10.08	9.90	Cumple	8.30	8.26	Cumple
	20.15	19.81	No Cumple	10.10	10.05	Cumple	8.26	8.18	Cumple
	20.01	19.90	Cumple	9.90	10.00	Cumple	7.95	8.10	Cumple
M1	20.12	19.95	Cumple	10.12	9.95	Cumple	7.85	7.92	Cumple
	19.90	20.05	Cumple	9.98	10.12	Cumple	8.18	7.95	Cumple
	20.15	19.98	Cumple	10.12	10.22	No Cumple	8.12	8.26	Cumple
M2	20.05	19.85	Cumple	10.05	10.16	Cumple	7.92	7.54	No Cumple
	20.10	19.93	Cumple	9.95	10.05	Cumple	7.94	8.27	Cumple
	20.01	19.90	Cumple	10.15	10.10	Cumple	7.95	8.12	Cumple
M3	19.95	20.15	Cumple	10.08	9.98	Cumple	8.10	8.22	Cumple
	20.12	19.92	Cumple	10.12	9.90	Cumple	7.96	8.15	Cumple
	20.10	19.90	Cumple	10.02	10.12	Cumple	8.25	8.07	Cumple

Fuente: Elaboración propia

Tabla 59 Tolerancias dimensionales del adoquín

Tolerancias dimensionales, max. (cm)				
(cm)	Lim. superior	Lim. Inferior	Promedio	Tolerancias
Largo	20.16	19.84	20	±0.16
Ancho	10.16	9.84	10	± 0.16
Espesor	8.32	7.68	8	±0.32

Fuente: Elaboración propia

De determino las tolerancias dimensionales y se comparó con los datos obtenidos de las medidas ya anteriormente registradas. Se observo que la M0, M1 y M2 una de sus unidades no cumple con las tolerancias, aunque su variación es mínima.

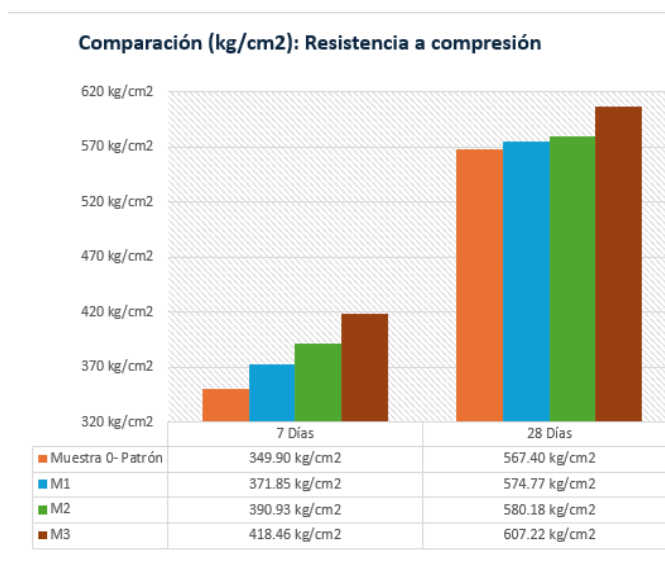
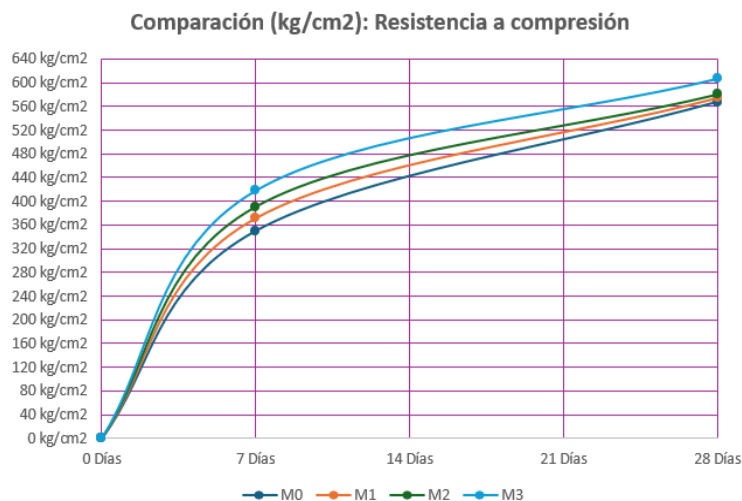
Resistencia a la compresión en los adoquines incorporando FK

Tabla 60 Cuadro resumen de la resistencia a compresión para 7 y 28 días de curado en adoquines

Resistencia a compresión				
<i>Descripción</i>	Promedio (kg/cm ²)		Promedio (%)	
<i>Días de curado</i>	7	28	7	28
<i>M0</i>	349.90	567.40	62.37	101.14
<i>M1</i>	371.85	574.77	66.28	102.45
<i>M2</i>	390.93	580.18	69.68	103.42
<i>M3</i>	418.46	607.22	74.59	108.24

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 36 Curva comparativa de la resistencia a compresión para 7 y 28 días

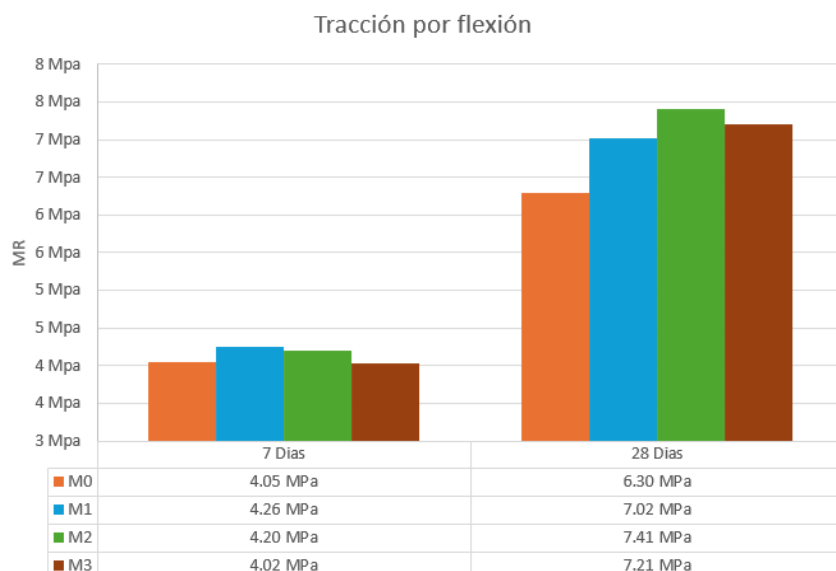


Fuente: Elaboración propia

Todas las muestras tienen un incremento con respecto a la M0, pero más aun la M3 observada en la gráfica de la curvatura comparativa.

Resistencia a la tracción por flexión

Tabla 61 Resultados: Resistencia a la tracción por flexión incorporando FK

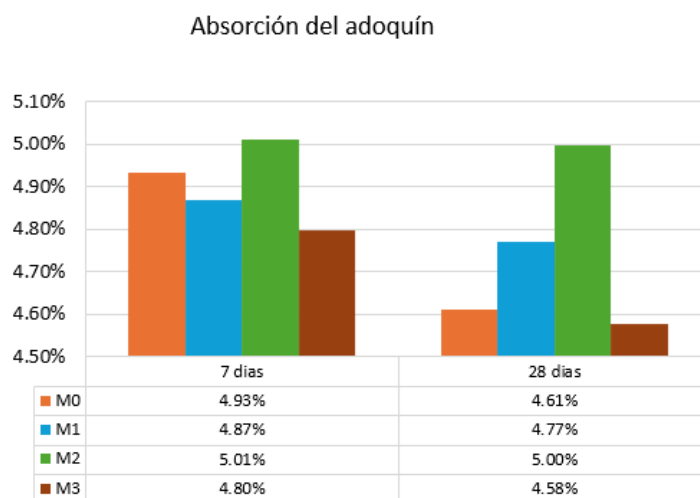


Fuente: Elaboración propia

La mejor resistencia promedio se obtuvo M1 es decir con la menor cantidad de adición para los 7 días mientras que a los 28 días la M3 con 0.3% de adición resistió más la tracción cuando fue sometido a una flexión.

Determinación de la absorción del adoquín

Tabla 62 Absorción promedio de los adoquines de 7 y 28 días



Fuente: Elaboración propia

Resistencia a la abrasión de superficies de concreto o mortero mediante el método de rodillo giratorio

Tabla 63 Resultados: Desgaste por abrasión

DESCRIPCION	MUESTRAS	Unidades	Desgaste	Desgaste	Desgaste	Desgaste
			(g)	(%)	promedio (g)	promedio (g)
M0		U1	5.00	0.14%	5.0	0.14%
		U2	5.00	0.14%		
		U3	5.00	0.14%		
M1		U1	5.00	0.14%	5.0	0.14%
		U2	4.00	0.12%		
		U3	6.00	0.17%		
M2		U1	4.00	0.11%	4.0	0.11%
		U2	4.00	0.11%		
		U3	4.00	0.11%		
M3		U1	5.00	0.14%	4.3	0.12%
		U2	5.00	0.14%		
		U3	3.00	0.09%		

Fuente: Elaboración propia

El menor desgaste se observó en la M2, además en todas sus unidades se mostró un desgaste constante de 4 gramos mostrando un 0.11%, mientras que el mayor fue en M0 y M1 con 0.14% con un promedio de 5g.

Cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos

Tabla 64 Variación longitudinal

TIEMPO DE LECTURA	M3		M0	
	Expansión Acumulada	Expansión Unitaria	Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
Semana 0	0.0000 %	0.000 %	0.0000 %	0.000 %
Semana 1	0.0172 %	0.006 %	0.0172 %	0.006 %
Semana 2	0.0580 %	0.014 %	0.0580 %	0.014 %
Semana 3	0.1136 %	0.019 %	0.1136 %	0.019 %
Semana 4	0.1788 %	0.022 %	0.1788 %	0.022 %

Fuente: Elaboración propia

Se logro observa un cambio mayor en la semana 4 de todas las barras tanto para M0 y M4.

Tabla 65 Resultados: Desviación estándar en el cambio de longitud del concreto expuesto a sulfatos

DESCRIPCIÓN	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	
	M3	M0
BARRA 1	0.01754	0.01754
BARRA 2	0.01663	0.01663
BARRA 3	0.01812	0.01812

Fuente: Elaboración propia

La desviación estándar para las 4 semanas tanto para M3 y M0 es similar, se observa en la barra 1 una desviación de 0.01754 para ambas muestras, así mismo sucede con las demás barras.

Discusiones

Determinar el Slump y peso unitario al incorporar la fibra de aramida en el concreto.

En el concreto que fue incorporado fibra de aramida en porcentaje de volumen se observaron los siguientes comportamientos:

- La consistencia con la primera adición no varía, pero a partir de 0.3% y 0.4% varía, para la 0.2% de adición no se observó un asentamiento con respecto a la muestra patrón, pero con la adición de 0.4% se volvió más rígida pero si se considera trabajable sin embargo afecto el fraguado inicial así mismo Hernández [6] tuvo los similares descensos de asentamiento pero no se consideró relevante a excepción de una adición mayor o igual al 0.8% ya que afecta la consistencia y la trabajabilidad del concreto.
- El peso unitario del concreto al incorporar el primer porcentaje de adición disminuye en un 41.086 kg/m³ con respecto al patrón, mientras que la muestras más significativa fue la adición de 0.4% y 0.3% se observó un descenso de 160.609 kg/m³ y 92.52 kg/m³ con respecto a la adición de 0.2%. La densidad de la fibra de aramida es 1380.70 kg/m³ el cual es menor que los demás materiales, sin embargo, también se ve afectado por el contenido de aire al incorporar la fibra a la mezcla bajando su densidad mientras más contenido se fibra se incorpore.

Determinar la temperatura al incorporar la fibra de aramida en el concreto.

- La temperatura del concreto no se vio afectada por la adición de la fibra, ya que se mantenía en 31.5 C°, además la fibra no se considera como conductor de calor.

Evaluar la resistencia a compresión, tracción por flexión y absorción del adoquín al incorporar fibra de aramida.

Los adoquines que fueron incorporados la fibra de aramida tuvieron los siguientes comportamientos:

- No se observó un cambio significativo a los 7 días de curado entre ellas, sin embargo, se hace presente la adición del 0.4% llegando a 74% con respecto a la resistencia mínima del promedio (561 kg/cm²) indicado en la NTP 399.611 y se mantiene en aumento llegando a tener la mejor resistencia a los 28 días con respecto a las demás adiciones. La diferencia promedio de las demás muestras con respecto al 0.4 de adición varía de 27 a 32 kg/cm² y entre sí 5.41 kg/cm². Las propiedades de la fibra de aramida ayudan a ganar resistencia a compresión por lo que todas cumplen con la resistencia mínima promedio y un incremento con respecto a la muestra patrón.

Tabla 66 Resistencia a compresión adicionando FK

Promedio de la resistencia a compresión (kg/cm ²)		
Muestras	7 días	28 Días
M0	349.90	567.40
M1	371.85	574.77
M2	390.93	580.18
M3	418.46	607.22

Fuente: Elaboración propia

- En la resistencia a tracción por flexión se observó un módulo de rotura de 4.26 Mpa como máxima para M1 a los 7 días, mientras que para la M0 y M3 soportaron menos la flexión. A los 28 días se observó un incremento para M3 y M2 llegando a 7.21 Mpa y 7.41 Mpa, todas las adiciones contribuyen al incremento de MR. De acuerdo a la ITINTEC 339.124 el MR mínimo es 4.9 Mpa involucrando el tipo ligero.

Tabla 67 R. tracción por flexión

Descripción	Promedio (MPa)	
	7 Días	28 Días
M0	4.05 MPa	6.30 MPa
M1	4.26 MPa	7.02 MPa
M2	4.20 MPa	7.41 MPa
M3	4.02 MPa	7.21 MPa

Fuente: Elaboración propia

- La absorción en adoquines de concreto es una propiedad clave que mide la cantidad de agua que el material puede retener. Se observó que no superan el límite máximo según la NTP 399.611. La absorción máxima fue para M2 tanto para 7 y 28 días de curado con 5.05% y 5%, mientras que M0 mantuvo una absorción menor de 4.61% a los 28 días y 4.93 para los 7 días. Un adoquín con menor absorción suele ser más resistente a la acción del tráfico y al desgaste considerando a la M3 con la absorción, seguido de M1 con 4.87% para 7 días y 4.77% para 28 días.

Tabla 68 Absorción de los adoquines

DESCRIPCIÓN	M0	M1	M2	M3
Absorción promedio				
7 días	4.93%	4.87%	5.01%	4.80%
28 días	4.61%	4.77%	5.00%	4.58%

Fuente: Elaboración propia

Evaluar la resistencia a los sulfatos al incorporar fibra de aramida al concreto.

- Según la ASTM C 157, menciona que la desviación estándar no debe estar sobrepasar el 0.0026, mientras que para la barra 1,2 y 3 confirmaron la desviación estándar de 0.01754, 0.0163 y 0.01812 para la M3 cumpliendo con los requisitos de la misma manera sucede para M0 con las mismas desviaciones estándar. Los cambios de longitud varían de 0.006 a 0.007 en la primera semana, la segunda con 0.013 a 0.016, para la semana 3 y 4 vario entre 0.018 y 0.024 con promedio de 0.006%, 0.019

Determinar la resistencia a la abrasión del adoquín al incorporar fibra de aramida.

- La abrasión en los adoquines fue mínimo para M2 con un desgaste de 4 gramos, que representa 0.11% de pérdida con respecto a la masa inicial, seguido de M3 con una pérdida de material de 4.3 gramos (0.12%) mientras que M0 y M1 tienen un desgaste mayor con 5 gramos de pérdida de material.

Tabla 69 Desgaste por abrasión en adoquines

DESCRIPCION		Desgaste (g)	Desgaste (g)
MUESTRAS	Unidades		
M0	U1	5.0	0.14%
	U2		
	U3		
M1	U1	5.0	0.14%
	U2		
	U3		
M2	U1	4.0	0.11%
	U2		
	U3		
M3	U1	4.3	0.12%
	U2		
	U3		

Fuente: Elaboración propia

Determinar el costo unitario de la fabricación del adoquín al incorporar fibra de aramida.

- Se procedió a realizar el análisis de costos unitarios para la fabricación de adoquines al incorporar diferentes porcentajes de adición.

Tabla 70 ACU para adoquín patrón -M0

Partida N°	ELABORACION DE ADOQUINES- PATRON					
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:	ELABORACION DE ADOQUIN - PATRON					Fecha: 25/10/2024
RENDIMIENTO:	450	und/dia				
UNIDADES					Total S/.	600.56
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						2.76
OPERARIO	hh	2.00	0.0356	27.58	0.98	
OFICIAL	hh	1.00	0.0178	21.68	0.39	
PEON	hh	4.00	0.0711	19.62	1.40	
MATERIALES						592.69
AGUA	m3		0.2475	6.15	1.52	
CEMENTO MS	BLS		18.1000	32.00	579.20	
ARENA	m3		0.1254	50.00	6.27	
AGREGADO GRUESO - CONFITILLO	m3		0.127	45.00	5.70	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.10
MESA VIBRATORIA	hm		0.0178	117.5	2.09	
MECLADORA	hm		0.0178	164.67	2.93	
HERRAMIENTA MANUAL	% MO		3%	2.66	0.08	

Fuente: Elaboración propia

Se tomo un rendimiento de 450 und/ día, se tiene un costo tal de S/600.56. Entonces el costo unitario seria S/1.33.

Tabla 71 ACU para adoquín patrón con 0.2% -M1

Partida N°		ELABORACIÓN DE ADOQUINES - 0.2% FIBRA KEVLAR				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:		ELABORACION DE ADOQUIN - PATRON			Fecha: 25/10/2024	
RENDIMIENTO:	450	und/día				
UNIDADES					Total S/.	762.38
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						2.76
OPERARIO	hh	2.00	0.0356	27.58	0.98	
OFICIAL	hh	1.00	0.0178	21.68	0.39	
PEON	hh	4.00	0.0711	19.62	1.40	
MATERIALES						754.52
AGUA	m3		0.2475	6.15	1.52	
CEMENTO MS	BLS		18.1000	32.00	579.20	
ARENA	m3		0.1254	50.00	6.27	
AGREGADO GRUESO - CONFITILLO	m3		0.127	45.00	5.70	
FIBRA KEVLAR	kg		1.988	81.40	161.82	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.10
MESA VIBRATORIA	hm		0.0178	117.5	2.09	
MECLADORA	hm		0.0178	164.67	2.93	
HERRAMIENTA MANUAL	% MO		3%	2.66	0.08	

Fuente: Elaboración propia

Se tomo un rendimiento de 450 und/ día, se tiene un costo tal de S/762.38. Entonces el costo unitario seria S/1.69.

Tabla 72 ACU para adoquín patrón con 0.3% -M2

Partida N°		ELABORACIÓN DE ADOQUIN - 0.3% FIBRA KEVLAR				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:		ELABORACION DE ADOQUIN - PATRON			Fecha: 25/10/2024	
RENDIMIENTO:	450	und/día				
UNIDADES					Total S/.	843.32
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						2.76
OPERARIO	hh	2.00	0.0356	27.58	0.98	
OFICIAL	hh	1.00	0.0178	21.68	0.39	
PEON	hh	4.00	0.0711	19.62	1.40	
MATERIALES						835.45
AGUA	m3		0.2475	6.15	1.52	
CEMENTO MS	BLS		18.1000	32.00	579.20	
ARENA	m3		0.1254	50.00	6.27	
AGREGADO GRUESO - CONFITILLO	m3		0.127	45.00	5.70	
FIBRA KEVLAR	g		2.9823	81.40	242.76	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.10
MESA VIBRATORIA	hm		0.0178	117.5	2.09	
MECLADORA	hm		0.0178	164.67	2.93	
HERRAMIENTA MANUAL	% MO		3%	2.66	0.08	

Fuente: Elaboración propia

Se tomo un rendimiento de 450 und/ día, se tiene un costo tal de S/843.32. Entonces el costo unitario seria S/1.87.

Tabla 73 ACU para adoquín patrón con 0.4 -M3

Partida N°		ELABORACIÓN DE ADOQUIN - 0.4% FIBRA KEVLAR				
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PARTIDA:		ELABORACION DE ADOQUIN - PATRON			Fecha: 25/10/2024	
RENDIMIENTO:		450	und/dia			
UNIDADES					Total S/.	924.24
Descripción	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio		
				Unitario	Parcial	Total
MANO DE OBRA						2.76
OPERARIO	hh	2.00	0.0356	27.58	0.98	
OFICIAL	hh	1.00	0.0178	21.68	0.39	
PEON	hh	4.00	0.0711	19.62	1.40	
MATERIALES						916.37
AGUA	m3		0.2475	6.15	1.52	
CEMENTO MS	BLS		18.1000	32.00	579.20	
ARENA	m3		0.1254	50.00	6.27	
AGREGADO GRUESO - CONFITILLO	m3		0.127	45.00	5.70	
FIBRA KEVLAR	kg		3.976	81.40	323.68	
EQUIPO Y HERRAMIENTAS						5.10
MESA VIBRATORIA	hm		0.0178	117.5	2.09	
MECLADORA	hm		0.0178	164.67	2.93	
HERRAMIENTA MANUAL	% MO		3%	2.66	0.08	

Fuente: Elaboración propia

Se tomo un rendimiento de 450 und/ día, se tiene un costo tal de S/924.24. Entonces el costo unitario seria S/2.05.

Comparar las propiedades físicas y mecánicas entre la muestra patrón y aquella con fibra de aramida.

COMPARAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS ENTRE LA MUESTRA PATRÓN Y AQUELLA CON FIBRA DE ARAMIDA.																		
MUESTRA	Resistencia a compresion (kg/cm2)		Resistencia a Traccion por flexion (Mpa)		Resistencia a abrasion (%)		Coeefiente de Poisson		Resistencia a los sulfatos (%)		Absorcion (%)		DENSIDAD (kg/m3)	Temperatura (°C)	SLUMP (plg)	VARIACION DIMENSIONAL (cm)		
	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Promedio	Unidad	Unidad	Unidad	L	A	E
M0	564.80	567.40	6.41	6.30	0.14	0.14	0.28	0.26	0.0216	0.02	4.46	4.61	2269.06	31.50	1.00	20.04	9.99	8.28
	566.30		6.17		0.14		0.196		0.0200		4.99					19.98	10.08	8.22
	571.10		6.31		0.14		0.302		0.0236		4.39					19.96	9.95	8.03
M1	564.40	574.77	7.35	7.02	0.14	0.14	-	-	-	-	4.79	4.77	2227.98	31.50	1.00	20.04	10.04	7.89
	579.50		6.83		0.12		-		-		4.75					19.98	10.05	8.07
	580.40		6.90		0.17		-		-		4.78					20.07	10.17	8.19
M2	584.30	580.18	8.14	7.41	0.11	0.11	-	-	-	-	5.33	5.00	2099.12	31.50	0.90	19.95	10.11	7.73
	584.03		7.41		0.11		-		-		4.99					20.02	10.00	8.11
	572.20		6.69		0.11		-		-		4.68					19.96	10.13	8.04
M3	608.40	607.22	7.04	7.21	0.14	0.12	0.31	0.33	0.02	0.02	4.35	4.58	2067.37	31.50	0.80	20.05	10.03	8.16
	604.15		7.21		0.14		0.369		0.02		4.72					20.02	10.01	8.06
	609.10		7.38		0.09		0.323		0.02		4.66					20.00	10.07	8.16

Conclusiones

- Con respecto al asentamiento del concreto, la adición en porcentajes mayores a 0.4% de la fibra kevlar afectan de manera significativa la trabajabilidad, la rigidez del concreto, la fluides y el fraguado inicial ya que en más cantidad de fibra absorbe más agua sin embargo cabe señalar que se está trabajando con un slump de 1" para un $f'c$ de 561 kg/cm² por lo que la consistencia seca a semi seca. Mientras que el peso unitario disminuye por la misma densidad de la fibra ya que es menor, sin embargo, no afecta su resistencia a compresión.
- La temperatura del concreto al incorporar la fibra de aramida no aumento ni disminuyo por sus propiedades física, como la baja conductividad térmica.
- Con respecto a la resistencia a compresión en los adoquines, la resistencia a la carga aplicada fue mayor en las 3 muestras que en la muestra patrón o M0, además cumplió con la resistencia promedio mínima para tres unidades acuerdo a la NTP 399.611 en todos los porcentajes de la fibra, sin embargo, se considera como la resistencia óptima para la adición del 0.3 % (M2) ya que también se avaluó como la mejor resistencia a la Flexión por tracción en la M2 por lo que mejora significativamente sus propiedades mecánicas. La tracción por flexión se vio reflejada en la adición de 0.3% logrando una MR de 7.41 Mpa, sin embargo, las demás adiciones también tuvieron buena resistencia. Mientras que la absorción del adoquín al incorporar fibra de aramida se vio con mayor porcentaje para la M2 con 0.3% de FK con 5% siendo el límite aceptable de la NTP 366.11 por lo que cumple con los parámetros de absorción.
- Cuando se evaluó la resistencia a los sulfatos al incorporar fibra de aramida al concreto, no se vio una diferencia significativa en el cambio de longitud de los especímenes.
- En cuanto a la resistencia a la abrasión del adoquín al incorporar fibra de aramida se observó un menor desgaste en la M2 con 0.11% mejorando sus propiedades. Afectando significativamente la durabilidad al disminuir el desgaste.
- De acuerdo al costo el costo unitario de la fabricación del adoquín al incorporar fibra de aramida, se detalla la cantidad, materiales usados en el concreto
- Comparar las propiedades físicas y mecánicas entre la muestra patrón y aquella con fibra de aramida.

- La incorporación de la fibra de aramida en adoquines de concreta mejora las propiedades físicas y mecánicas para tránsito vehicular pesado.

Recomendaciones

- Se recomienda trabajar con algún aditivo plastificante para mejorar la consistencia del concreto.
- Así mismo deben tener en cuenta la longitud de corte de la fibra, ya que a mayor longitud es mayor la absorción de agua y menor trabajabilidad.
- Se recomienda reanalizar el ensayo de del contenido de aire.

Referencias

- [1] L. Pérez Machado, B. Meireles Tamayo, D. d. l. C. Fuentes Alpizar y Peña Mijenes, «Empleo de adoquines de concreto en la construcción de pavimentos,» *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, vol. 16, nº 2, pp. 1-11, 2022.
- [2] Ó. P. M. Carlos Higuera Sandoval, «PATHOLOGY OF INTERLOCKING,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 9, nº 17, pp. 75-94, 2010.
- [3] J. M. García*, F. C. García, F. Serna y J. L. d. l. Peña, «High-performance aromatic polyamides,» *Progress in Polymer Science*, vol. 35, nº 5, p. 623–686, 2010.
- [4] V. Á. Higuero, «CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRAS DE: VIDRIO, CARBONO Y ARAMIDA,» E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM), MADRID, 2010.
- [5] B. Oni, J. Xia y M. Liu, «Mechanical properties of pressure moulded fibre reinforced pervious concrete pavement brick,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 13, 2020.
- [6] E. F. Roldán Pinargo y F. M. Hernández López, «Incorporación De Fibras De Aramida En la Mezcla De Concreto Para Pavimento,» *Revista Ciencia y Construcción*, vol. 4, nº 4, pp. 78-87, 2023.
- [7] Y.-F. Li, H.-F. Wang, J.-Y. Syu, G. K. Ramanathan, Y.-K. Tsai and M. H. Lok, "Mechanical Properties of Aramid/Carbon Hybrid Fiber-Reinforced Concrete," *Materials (MDPI)*, vol. 14, no. 19, pp. 1-18, 2021.
- [8] P. Jongvivatsakul, C. N. Thi, G. Tanapornraweekit y L. V. H. Bui, «Mechanical properties of aramid fiber-reinforced composites and performance on repairing concrete beams damaged by corrosion,» *Songklanakarin J. Sci. Technol*, vol. 42, nº 3, pp. 637-644, 2020.
- [9] J. Zhang, K. Han, M. Wang, J. Cheng y R. Wu, «Study on Mechanical Properties of Fiber-reinforced Concrete,» *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 16, nº 6, pp. 44-53, 2023.
- [10] N. P. Tran, C. Gunasekara, D. W. Law, S. Houshyar y S. Setunge, «Repurposing of blended fabric waste for sustainable cement-based composite: Mechanical and microstructural performance,» *Construction and Building Materials*, vol. 362, nº 129785, 2023.

- [11] L. Nie, J. Xu, X. Luo, H. Chen, S. Chang, T. Wang y G. Liu, «Study of aramid and carbon fibers on the tensile properties of early strength cement mortar,» *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 267, n° 3, p. 032009, 2019.
- [12] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese y J. Tanesi, *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*, EE.UU.: Portland Cement Association.
- [13] E. P. Carbajal, *TOPICOS DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO EN EL PERÚ*, Lima, Perú: Colegio de Ingenieros del Perú - Consejo Departamental de Lima, 1998.
- [14] P. Vila, M. N. Pereyra y Á. Gutiérrez, «Resistencia a la compresión de adoquines de hormigón. Resultados tendientes a validar el ensayo en medio adoquín,» *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción- ALCONPAT*, vol. 7, n° 3, pp. 247-261, 2017.
- [15] A. P. Ziarsolo y E. A. Sánchez, «An introduction to artificial textiles in the costume collections of the twentieth century costume and conservation,» *GRUPO ESPAÑOL de CONSERVACIÓN*, n° 9, pp. 31-44, 2016.
- [16] J. M. García, F. C. García, F. Serna y J. L. d. l. Peña, «High-performance aromatic polyamides,» *Progress in Polymer Science*, vol. 35, n° 5, pp. 623-686, 2010.
- [17] D. B. M. RESEARCH, «Industry Trends and Forecast to 2030,» *DATA BRIDGE MARKET RESEARCH*, Maharashtra, India, 2024.
- [18] C. Richard, B. Bresson, M. Bès, L. Schittecatte, S. L. Roux, N. Didane, F. Bataille, S. Joannès y A. Marcellan, «Mechanisms of damage and fracture of aramid fibers: Focus on the role of microfibril cooperativity in fracture toughness,» *Journal of Polymer Science*, vol. 61, n° 20, p. 2549–2558, 2023.
- [19] H. Sarrión Sos, «Propiedades y aplicaciones de los polímeros sintéticos en la construcción,» *Universitat Politècnica de València*, Valencia, España, 2018.

Anexos

INFORME N° **LEM USAT 037-2024-II**

FECHA: **23 de Octubre 2024**

VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

ESTUDIANTE: Arevalo Inga Ani Yudit

TITULO DE LA TESIS: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad.

ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO USAT

- Contenido de humedad del agregado grueso y fino.
- Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.
- Peso específico y absorción del agregado grueso y fino.
- Peso unitario del agregado grueso y fino.
- Inalterabilidad del agregado fino y grueso por medio de sulfato de magnesio.
- Diseño de mezcla $F'c=561\text{kg/cm}^2$ para a/c : 0.30, 0.32, 0.34 y 0.36.
- Diseño de mezcla $F'c=651\text{ kg/cm}^2$ con concreto incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4%
- Resistencia a la Compresión para determinar el diseño optimo del concreto con la relación a/c : 0.32, 0.34 para 7, 14, 21 y 28 días de curado.
- Determinación del Slump, densidad y temperatura del concreto incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4%
- Variación dimensional del adoquín incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4% para 28 días de curado.
- Determinación de la Absorción del adoquín incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4% para 7 y 28 días de curado.
-



Henry
Rivadeneira
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

- Resistencia a la Compresión y Tracción por flexión del adoquín incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4% para 7 y 28 días de curado.

ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO LEMS W&C EIRL:

- Relación de Poisson del concreto incorporando fibra 0% y 0.4% para 28 días de curado.
- Resistencia a la abrasión mediante el método del rodillo giratorio del adoquín incorporando fibra de aramida de 0%, 0.2%,0.3% y 0.4% para 28 días de curado.

ENSAYOS REALIZADOS EN EL LABORATORIO AMAZONAS INGENIERIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA:

- Cambio de longitud del concreto hidráulico endurecido expuesto a sales incorporando fibra de aramida de 0% y 0.4%.

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto

Henry Rivadeneyra Oblitas
Responsable de Lab Ing. Civil



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT



USAT
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo

Tesista :Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela :Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión :Chiclayo, 30 de Mayo del 2024
Ensayo : Resistencia a la compresión - Diseño optimo



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ITINTEC 339.124/ NTP 339.604
Datos

F'c diseño :561 kg/cm2
Probeta 10 cm diametro x 20 cm longitud

Descripción a/c =0.32	Fecha		Edad (días)	Area (cm ²)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio kg/cm2	Promedio (%)
	Curado	Rotura			kgf	R. Compresión kg/cm ²			
f'c= 561 kg/cm2									
Diseño de Mezcla Patrón	02/05/24	09/05/24	7	79	36635.2	466.5	83.1	409.10	72.92
	02/05/24	09/05/24	7	79	24109.7	307.0	54.7		
	02/05/24	09/05/24	7	79	35647.5	453.9	80.9		
	02/05/24	16/05/24	14	79	37503.8	477.5	85.1	497.22	88.63
	02/05/24	16/05/24	14	79	39537.5	503.4	89.7		
	02/05/24	16/05/24	14	79	40114.3	510.8	91.0		
	02/05/24	23/05/24	21	79	42180.5	537.1	95.7	513.31	91.50
	02/05/24	23/05/24	21	79	38330.9	488.0	87.0		
	02/05/24	23/05/24	21	79	40434.7	514.8	91.8		
	02/05/24	30/05/24	28	79	44920.0	571.9	101.9	566.43	100.97
	02/05/24	30/05/24	28	79	44820.9	570.7	101.7		
	02/05/24	30/05/24	28	79	43720.8	556.7	99.2		

Descripción a/c =0.34	Fecha		Edad (días)	Area (cm ²)	Cargas		Porcentaje (%)	Promedio kg/cm2	Promedio (%)
	Curado	Rotura			kgf	R. Compresión kg/cm ²			
f'c= 561 kg/cm2									
Diseño de Mezcla Patrón	02/05/24	09/05/24	7	79	36771.8	468.2	83.5	461.28	82.23
	02/05/24	09/05/24	7	79	38917.3	495.5	88.3		
	02/05/24	09/05/24	7	79	32998.6	420.2	74.9		
	02/05/24	16/05/24	14	79	40817.2	519.7	92.6	519.77	92.65
	02/05/24	16/05/24	14	79	39023.7	496.9	88.6		
	02/05/24	16/05/24	14	79	42627.8	542.8	96.7		
	02/05/24	23/05/24	21	79	41026.7	522.4	93.1	521.89	93.03
	02/05/24	23/05/24	21	79	41757.3	531.7	94.8		
	02/05/24	23/05/24	21	79	40183.9	511.6	91.2		
	02/05/24	30/05/24	28	79	44560.7	567.4	101.1	562.67	100.30
	02/05/24	30/05/24	28	79	44325.8	564.4	100.6		
	02/05/24	30/05/24	28	79	43688.9	556.3	99.2		


 Henry Rivadenteyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

 USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

 TÉCNICO DE LABORATORIO

CEMENTO FORTIMAX

“MÁXIMA
DURABILIDAD”



DESCRIPCIÓN

Cemento Tipo MS (MH). Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación.

Usos

- Ideal para suelos con presencia moderada de sulfatos.
- Ideal para obras que requieren moderado calor de hidratación.
- Ideal para obras cercanas a grandes fuentes de agua (mar, lagos, ríos, etc.)

ATRIBUTOS

Durabilidad

Diseño premium con adiciones minerales activas que garantizan un excelente desarrollo de resistencias a la compresión y una máxima protección contra los agentes agresivos del entorno.

Moderado calor de hidratación

Favorable para ser utilizado en climas cálidos o despachos masivos de concreto pre mezclado. En condiciones adecuadas de curado reduce el riesgo de fisuras y grietas.

Baja permeabilidad en el concreto

Debido al diseño, en el contenido de adiciones, contribuye a la disminución de la permeabilidad del concreto garantizando la protección de las estructuras de fierro en obra.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arana limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

PRESENTACIONES



Ecosaco
42.5 kg



A granel



Big Bag
(1 tonelada)

*En cumplimiento de la Norma Metroológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar manivelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar el roce, frotamiento entre bolsas en el apilado.



TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Obllitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica del Perú
Santo Toribio de Mogrovejo

Tesista :Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela :Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión :Chiclayo, 14 de Junio del 2024
Ensayo : Resistencia a la tracción por flexión



DESCRIPCIÓN

Referencia : ITINTEC 339.124/NTP 399.604

Datos

Tipo de adoquín : III

Área de contacto :20cmx10cm

Espesor :8cm

FK :Fibra Kevlar 20

M0: Muestra patron
 M1: Muestra 1 (0.2% FK)
 M2: Muestra 2 (0.3% FK)
 M3: Muestra 3 (0.4% FK)

Descripción	Fecha		Edad (días)	L entre apoyos(mm)	b Ancho (mm)	d Espesor (mm)	Cargas		R(Mpa)	Promedio R(Mpa)
	Curado	Rotura					KN : (kg*g)	P (Newtons)		
M0	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	10.417	10417	3.666	4.05
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	11.564	11564	4.070	
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	12.526	12526	4.408	
M1	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	13.637	13637	4.794	4.26
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	12.282	12282	4.318	
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	10.397	10397	3.655	
M2	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	11.801	11801	4.149	4.20
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	12.509	12509	4.398	
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	11.539	11539	4.057	
M3	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	12.304	12304	4.326	4.02
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	10.629	10629	3.737	
	04/06/24	11/06/24	7	150	100	80	11.396	11396	4.006	
M0	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	18.25	18247	6.41	6.30
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	17.56	17560	6.17	
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	17.95	17952	6.31	
M1	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	20.90	20895	7.35	7.02
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	19.42	19424	6.83	
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	19.62	19620	6.90	
M2	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	23.15	23152	8.14	7.41
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	21.09	21092	7.41	
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	19.03	19031	6.69	
M3	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	20.01	20012	7.04	7.21
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	20.50	20503	7.21	
	04/06/24	02/07/24	28	150	100	80	20.99	20993	7.38	

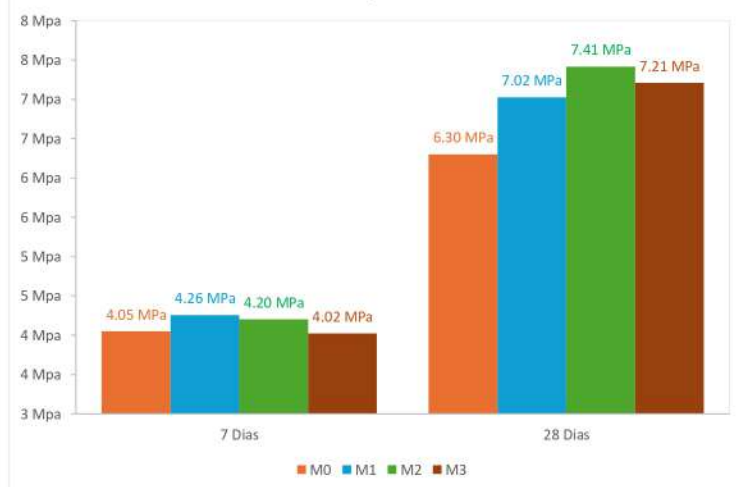
Cuadro resumen

Descripción	Promedio (MPa)	
	7 Días	28 Días
M0	4.05 MPa	6.30 MPa
M1	4.26 MPa	7.02 MPa
M2	4.20 MPa	7.41 MPa
M3	4.02 MPa	7.21 MPa

Henry Rivadeneyra Obulua
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE ACIDOS, CONCRETO Y ENLARGOS DE BARRAS
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Tracción por flexión



Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 11 de Julio del 2024
Ensayo : Ensayo para determinar la variación dimensional del adoquín



DESCRIPCIÓN

Referencia : NTP 399.611
Tiempo de curado : 28 días
Adoquín

Largo 20 cm
Ancho 10 cm
Espesor 8 cm

Tiempo en el Horno : 24 horas
Tiempo sumergido : 24 horas
FK : Fibra Kevlar 20

M0: Muestra patron
M1: Muestra 1 (0.2% FK)
M2: Muestra 2 (0.3% FK)
M3: Muestra 3 (0.4% FK)

Datos obtenidos

	Largo (L) mm			Ancho (A) mm			Altura (H) mm		
	L1	L2	L. Sup	L1	L2	CUMPLE	L1	L2	CUMPLE
			CUMPLE						
M0	20.12	19.95	Cumple	10.08	9.90	Cumple	8.30	8.26	Cumple
	20.15	19.81	No Cumple	10.10	10.05	Cumple	8.26	8.18	Cumple
	20.01	19.90	Cumple	9.90	10.00	Cumple	7.95	8.10	Cumple
				10.12	9.95	Cumple	7.85	7.92	Cumple
M1	20.12	19.95	Cumple	9.98	10.12	Cumple	8.18	7.95	Cumple
	19.90	20.05	Cumple	10.12	10.22	No Cumple	8.12	8.26	Cumple
	20.15	19.98	Cumple						
M2	20.05	19.85	Cumple	10.05	10.16	Cumple	7.92	7.54	No Cumple
	20.10	19.93	Cumple	9.95	10.05	Cumple	7.94	8.27	Cumple
	20.01	19.90	Cumple	10.15	10.10	Cumple	7.95	8.12	Cumple
				10.08	9.98	Cumple	8.10	8.22	Cumple
M3	19.95	20.15	Cumple	10.12	9.90	Cumple	7.96	8.15	Cumple
	20.12	19.92	Cumple	10.12	10.12	Cumple	8.25	8.07	Cumple
	20.10	19.90	Cumple						



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Tolerancias dimensionales, max. (cm)				
(cm)	Lim. superior	Lim. inferior	Promedio	Tolerancias
Largo	20.16	19.84	20	±0.16
Ancho	10.16	9.84	10	± 0.16
Espesor	8.32	7.68	8	±0.32



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:

The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

ASTM C1157/c1157 -20: 2020

Cementos Hidráulicos Adicionados

Hydraulic Cements

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.
Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC - CER1016285

Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029 - 08 - 17

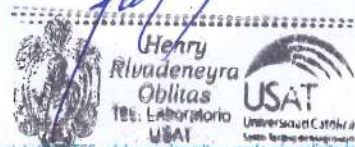
Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO HIDRÁULICO

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

Decreto Supremo No 001-2022

Decreto supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General.

Supreme Decree that approves the Technical Regulation on Hydraulic Cement used in Buildings and Construction in General
SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC
This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.
Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC - CER1016291

Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029 - 08 - 17

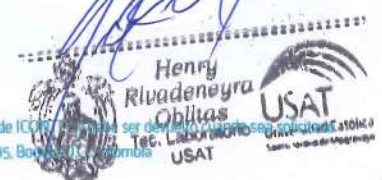
Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

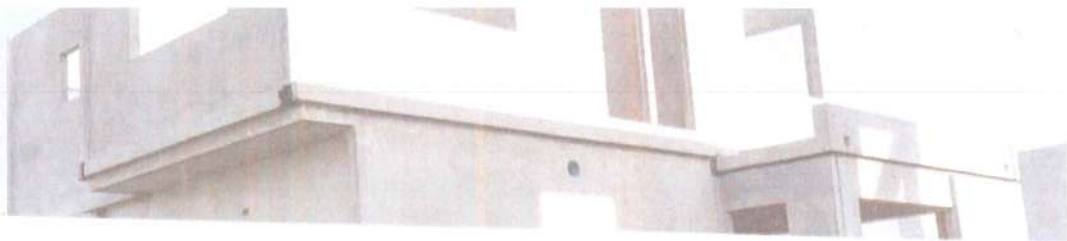


Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



F-PS-628
Versión 00



BENEFICIOS AMBIENTALES

- Este producto contribuye con el medio ambiente, utiliza aproximadamente más de 10% de material reciclado de otra industria.
- Cemento bajo en carbono por tener menor relación de factor clinker / cemento.

¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco genera cero desperdicios, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

1. 

AGREGA la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.

2. 

AÑADE el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.

3. 

AJUSTA la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.

4. 

MEZCLA hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO ₂ eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO ₂ eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO ₂ eq a más

*Fortimax se encuentra en el rango bajo en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el **cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico** utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Empresa Certificadora:

ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



NTP 334 082
ASTM C 1157
Cemento Hidráulico
especificado por desempeño

DS 001-2022 PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones y
Construcciones en General

Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES QUE PUEDES ALCANZAR POR USO DEL PRODUCTO

Este producto puede contribuir a obtener puntos en la certificación de construcción sostenible:

LEED®



- Contenido de material reciclado puede contribuir **hasta en 1 punto**.

Bono Mi Vivienda Sostenible

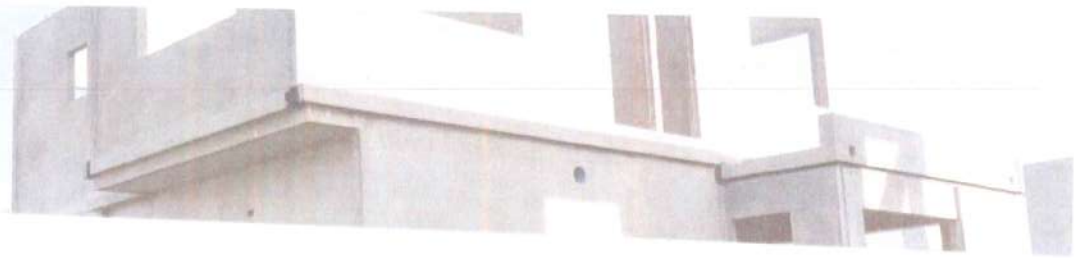


- Cumple con los requerimientos del Bono Mi Vivienda Sostenible del Fondo Mi Vivienda para Eco Materiales, **hasta el grado 3**.

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc** pe



Cemento Fortimax

Tipo MS (MH) - Cemento Hidráulico de moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación

Requisitos normalizados - NTP 334.082 / ASTM C1157

REQUISITOS FÍSICOS

ENSAYOS	TIPO	VALOR	UNIDAD	NORMAS DE ENSAYO	RESULTADOS*
Finura					
Superficie específica	-	-	cm ² /g	NTP 334.002	5150
Retenido M325	-	-	%	NTP 334.045	1.9
Densidad	-	-	g/cm ³	NTP 334.005	2.93
Contenido de aire	Máximo	12	%	NTP 334.048	5
Expansión en autoclave	Máximo	0.80	%	NTP 334.004	0.03
Resistencia a la compresión					
3 días	Mínimo	11.0 (1600)	MPa (psi)	NTP 334.051	21.7 (3150)
7 días	Mínimo	18.0 (2610)	MPa (psi)	NTP 334.051	29.7 (4310)
28 días**	Mínimo	28.0 (4060)	MPa (psi)	NTP 334.051	41.4 (6010)
Tiempo de Fraguado Vicat					
Fraguado inicial	Mínimo	45	Minutos	NTP 334.006	181
Fraguado final	Máximo	420	Minutos	NTP 334.006	292
Expansión Barra de mortero a 14 días	Máximo	0.020	%	NTP 334.093	0.005
Expansión por sulfatos a 6 meses	Máximo	0.10	%	NTP 334.094	0.03
Calor de hidratación a 3 días	Máximo	335	kJ/kg	NTP 334.171	252

*Valores promedios referenciales de lotes despachados / **Requisito opcional

El cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos físicos de la NTP-334.082 y la ASTM C1157.


 Henry Rivadeneyra Obikus
 Tec. Laboratorio USAT



 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Solicitud de Ensayo : 1206A-24/ LEMS W&C
Solicitante : Arevalo Inga Ani Yudit
Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : sábado, 15 de Junio de 2024
Inicio de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024
Fin de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Fibra ARAMIDA 0.3%	8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3563.0	3559.0	4.00	0.11
M-2		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3657.0	3653.0	4.00	0.11
M-3		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3578.0	3574.0	4.00	0.11

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 T.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246904



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Ripadenebra Oblitas
 T.C. Laboratorio USAT

USAT
 Universidad Católica
 Lambayeque

Solicitud de Ensayo : 1206A-24/ LEMS W&C
Solicitante : Arevalo Inga Ani Yudit
Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : sábado, 15 de Junio de 2024
Inicio de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024
Fin de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Fibra ARAMIDA 0.4%	8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3504.0	3499.0	5.00	0.14
M-2		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3533.0	3528.0	5.00	0.14
M-3		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3473.0	3470.0	3.00	0.09

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.

MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 246904



USAT
 LA SECRETARÍA DE SERVICIOS CONCRETOS Y ENSAYO DE MATERIALES

 TECNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeheyra Obliuas
 Tec. Laboratorio
USAT

 Universidad Católica
 UPEL - UPEL

Solicitud de Ensayo : 1206A-24/ LEMS W&C
Solicitante : Arevalo Inga Ani Yudit
Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : sábado, 15 de Junio de 2024
Inicio de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024
Fin de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	Fibra ARAMIDA 0.2%	8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3511.0	3506.0	5.00	0.14
M-2		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3473.0	3469.0	4.00	0.12
M-3		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3571.0	3565.0	6.00	0.17

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
INGENIERO CIVIL
C. 20480781334



USAT
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica Santa Teresita de Almagro

Solicitud de Ensayo : 1206A-24/ LEMS W&C
Solicitante : Arevalo Inga Ani Yudit
Proyecto / Obra : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Dpto. Lambayeque.
Fecha de Apertura : sábado, 15 de Junio de 2024
Inicio de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024
Fin de Ensayo : sábado, 6 de Julio de 2024

ENSAYO : Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method (Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio).

NORMA : ASTM C944 / C944M - 12

Muestra	Descripción o nombre de la muestra	Fecha Vaciado	Fecha Ensayo	Edad (días)	Tiempo Abrasión (Minutos)	ciclo	Carga (N)	Masa Inicial (g)	Masa Final (g)	Desgaste (g)	Desgaste (%)
M-1	PATRÓN 561 kg/cm ²	8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3522.0	3517.0	5.00	0.14
M-2		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3553.0	3548.0	5.00	0.14
M-3		8/06/2024	6/07/2024	28	2	3	98	3546.0	3541.0	5.00	0.14

NOTA 1 : Según norma se deberá ensayar como mínimo tres especímenes.

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayos realizados por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C

MIGUEL ANGEL RUIZ
 INGENIERO
 CIP: 24F



USAT
 LABORATORIO DE ENSAYOS CONCRETOS Y ENSAYOS DE MATERIALES

TÉCNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
USAT

 Universidad Católica
 Calle Tarata de la Granja

Solicitud de Ensayo: **1206A-24/ LEMS W&C**
 Tesista: **Arévalo Inga Ani Yudit**
 Título de la tesis: **Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado**
 Ubicación: **Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque**
 Fecha de Apertura: **sábado, 15 de Junio de 2024**
 Inicio de Ensayo: **viernes, 11 de Octubre de 2024**
 Fin de Ensayo: **viernes, 11 de Octubre de 2024**

Ensayo: **COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).**

Referencia: **ASTM C-496**

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	v	Promedio v
02	PATRÓN	13/09/2024	11/10/2024	28	424.27	169.708	0.00068651	0.000134592	0.000010	0.196	
03	PATRÓN	13/09/2024	11/10/2024	28	416.26	166.503	0.00066419	0.000200394	0.000015	0.302	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PERALES
 INGENIERO CIVIL
 C.I.F.: 246904



TECNICO DE LABORATORIO
 USAT
 LABORATORIO DE MATERIALES Y SUELOS



Henry Riuqdeneyra Oblius
 Tec. Laboratorio
 USAT
 Universidad Católica del Perú

Solicitud de Ensayo: **1206A-24/ LEMS W&C**
 Tesista: Arévalo Inga Ani Yudit
 Título de la tesis: Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
 Ubicación: Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque
 Fecha de Apertura: sábado, 15 de Junio de 2024
 Inicio de Ensayo: viernes, 11 de Octubre de 2024
 Fin de Ensayo: viernes, 11 de Octubre de 2024

Ensayo: COMPRESSION (Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión).
 Referencia: ASTM C-496

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	σ_u (Kg/cm ²)	Esfuerzo S2 (40% σ_u) Kg/cm ²	ϵ unitaria Longitudinal (S2)	ϵ unitaria Transversal (0.40 Δ Max)	ϵ unitaria Transversal (Δ 0.000050)	v	Promedio v
05	Fibra ARAMIDA 0.4%	13/09/2024	11/10/2024	28	378.89	151.557	0.00068779	0.000253867	0.000018	0.369	
06	Fibra ARAMIDA 0.4%	13/09/2024	11/10/2024	28	263.76	105.503	0.00065142	0.000151047	0.000012	0.232	

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



LEMS W&C EIRL.
 WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.
 MIGUEL ANGEL RUIZ PÉRALES
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 246904



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
 TECNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio
USAT
 Universidad Católica del Perú
 Lima - Perú

ABSORCIÓN 7 DIAS- ADOQUINES

M0: 0% FK

Pesos saturados



Pesos secos al horno



M1: 0.2% FK

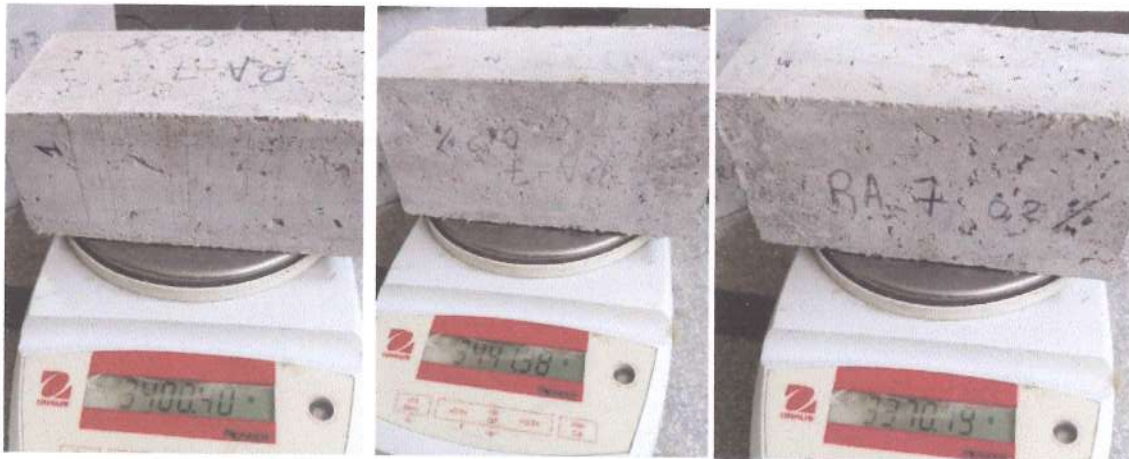
Pesos saturados



LABORATORIO DE CEMENTOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Obillos
Téc. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica
Lima - Perú

Pesos secos al horno



MUESTRA 2 (+0.3% ADICIÓN)

Pesos saturados



MUESTRA 3 (+0.4% ADICIÓN)



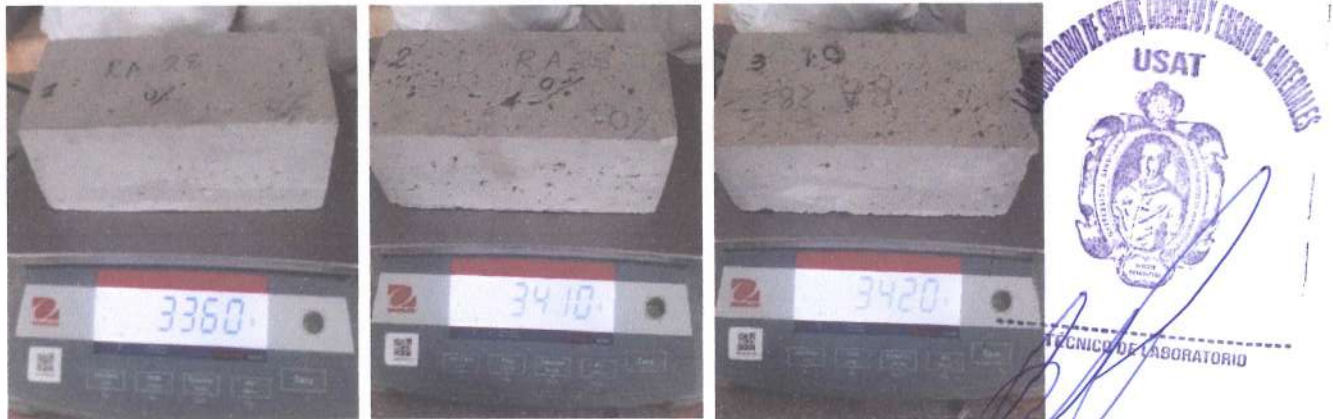
ABSORCIÓN 28 DIAS- ADOQUINES

MUESTRA 0- PATRON

Pesos saturados



Secos al horno



MUESTRA 1 (+0.2% ADICIÓN)

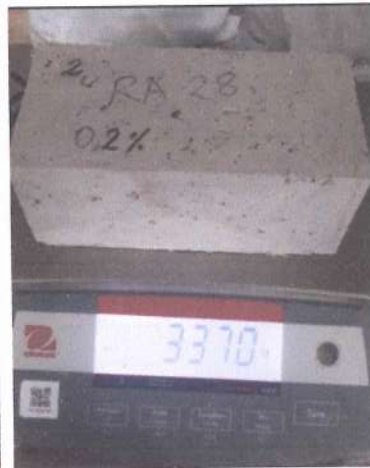
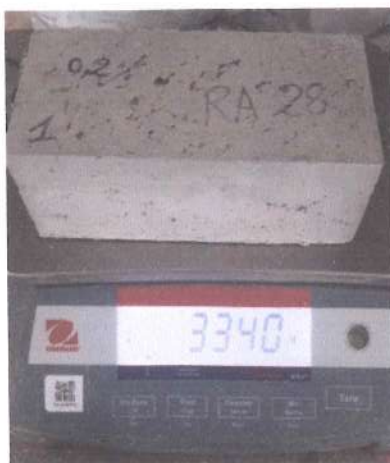
Pesos saturados



Henry Ribadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT Universidad Católica
San Carlos de Miraflores

LABORATORIO DE SUPERFICIONES Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
TECNICO DE LABORATORIO

Secos al horno

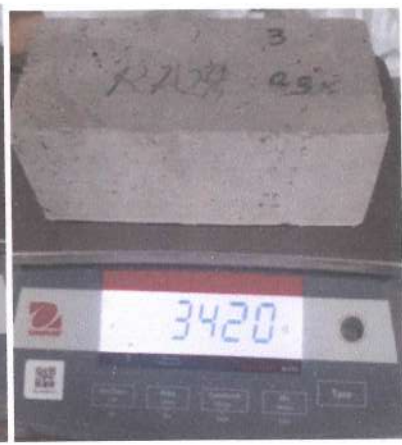
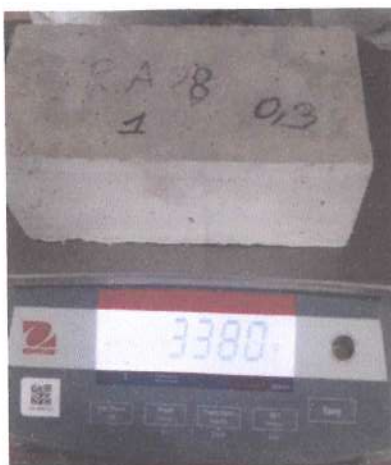


MUESTRA 2 (+0.3% ADICIÓN)

Pesos saturados

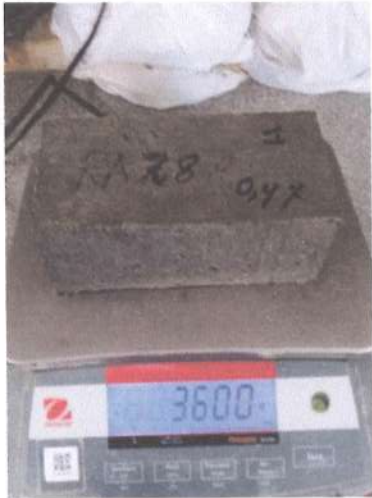


Secos al horno

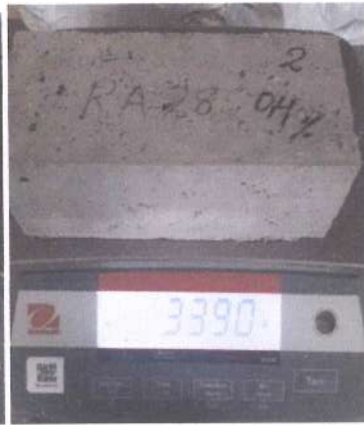
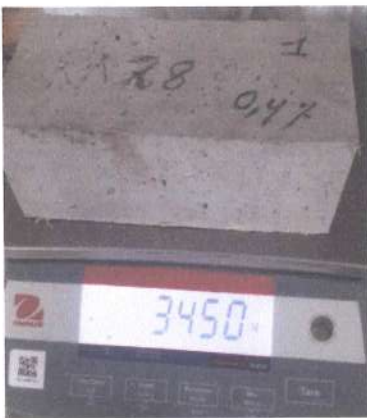


M3: (+0.4% FK)

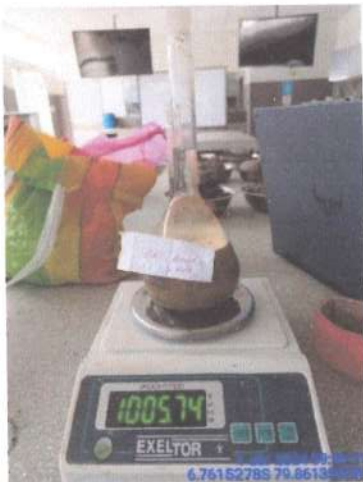
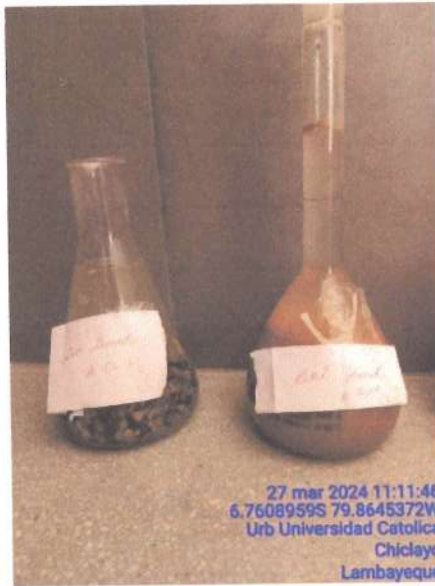
Pesos saturados



Secos al horno



PESO ESPECIFICO Y ABORSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022- 2013)

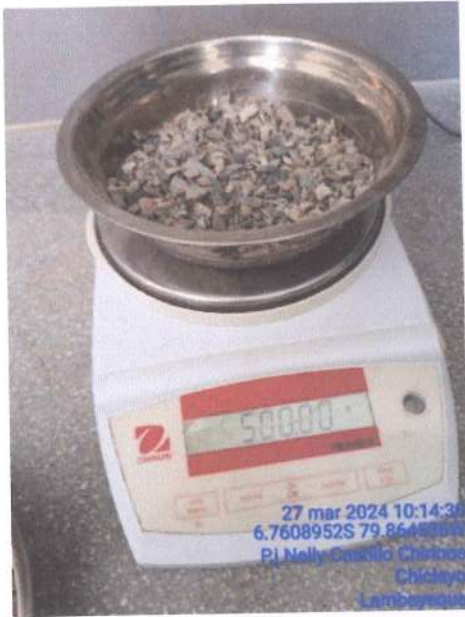




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO

[Handwritten Signature]
Henry Rivadeneira Obilitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT
Universidad Católica
Santa Teresita del Lago de Guayaquil

PESO ESPECIFICO Y ABORSORCIÓN DEL AGREGADO (NTP 400.022- 2013)



USAT
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE
CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES

27 mar 2024 11:57:28
6.761059333333334S 79.86450833333333W
Urb Universidad Católica
Chiclayo
Lambayeque

USAT
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CHILE

TECNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Universidad Católica
Luzern Sur de Chile 2000-2010

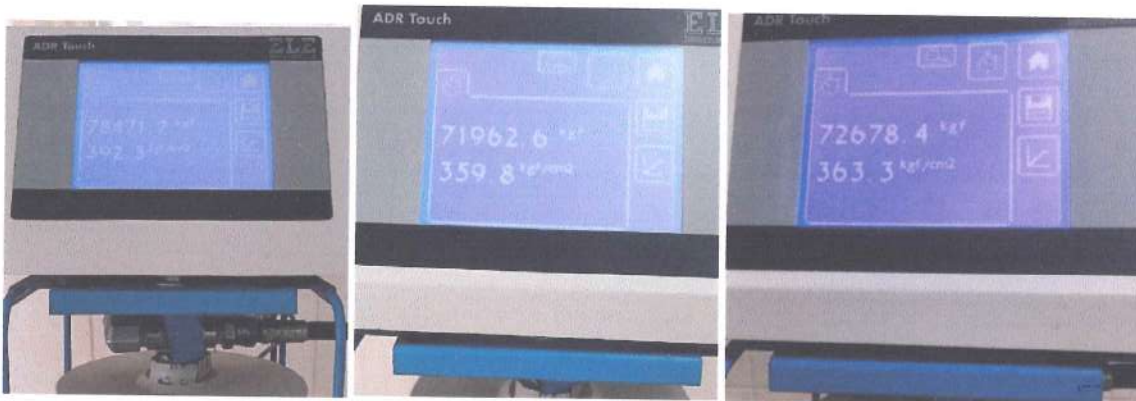
RESISTENCIA A COMPRESIÓN

7 DÍAS DE CURADO

MUESTRA 0 – patrón



MUESTRA 1 (+0.2% FK)



MUESTRA 2 (+0.3% FK)



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL SACRAMENTO
TECNICO DE LABORATORIO

MUESTRA 3 (+0.4% FK)



Henry Rruudeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT
Universidad Católica del Sacramento

28 DÍAS DE CURADO

MUESTRA 0 – patrón



MUESTRA 1 (+0.2% FK)



MUESTRA 2 (+0.3% FK)



MUESTRA 3 (+0.4% FK)



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES
USAT
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
TEC. LABORATORIO DE LABORATORIO

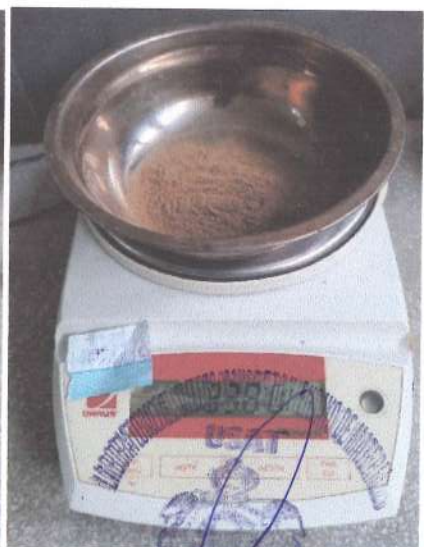
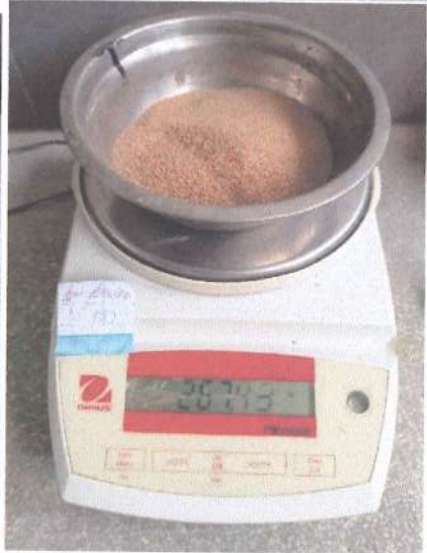
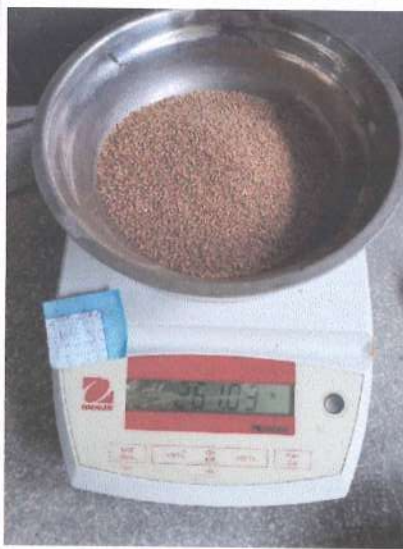
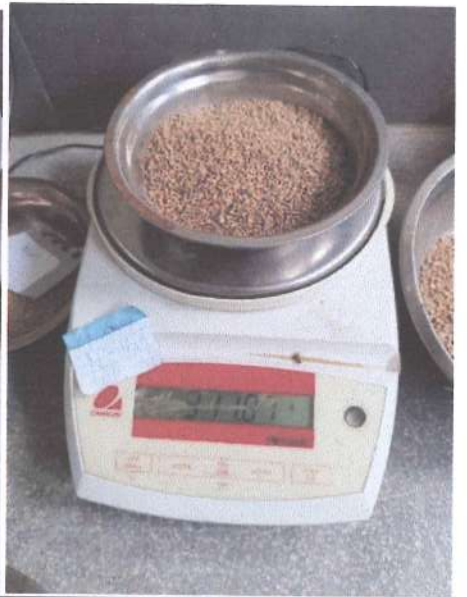
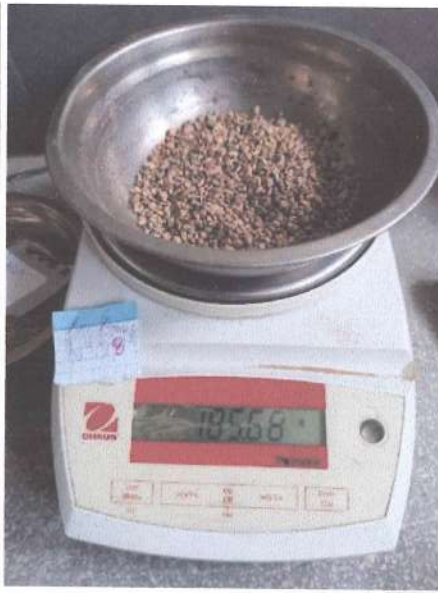
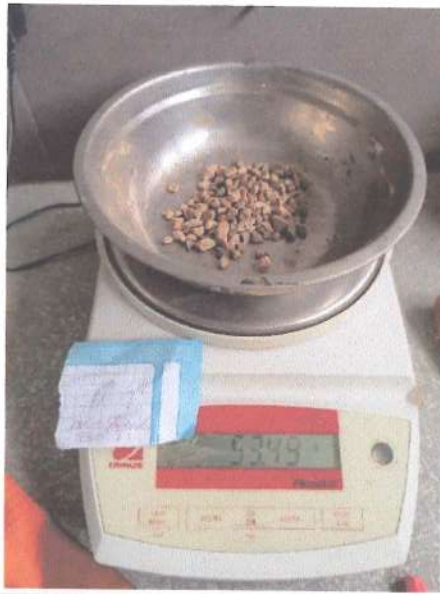
Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT
USAT
Universidad Católica de Salta
Facultad de Ingeniería

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA PARA AGREGADOS NTP 400.012:2013

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO Y GRUESO



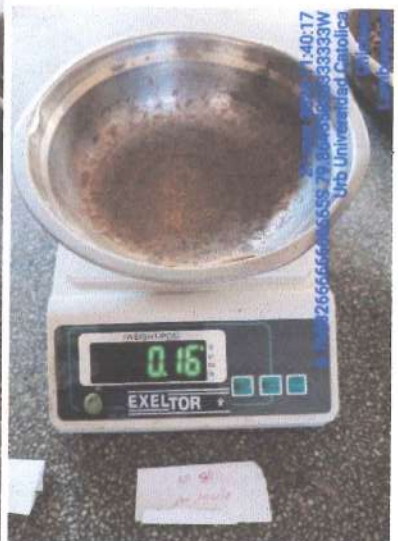
Pesos retenidos



GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO



Pesos retenidos





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO


Henry Rivadenebra Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

USAT
Universidad Católica
Salto, Barrio de Magreiros

DETERMINACIÓN DE LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE MAGNESIO

AGREGADO FINO

Pesos iniciales- antes del ensayo



Ensayo



Pesos después del ensayo



AGREGADO GRUESO- CONFITILLO



Pesos despues del ensayo





LABORATORIO DE CICLOS, CONCRETO Y TERCIOS DE MATERIAS
USAT

TECNICO DE LABORATORIO



Henry Rivadeneyra Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Universidad Católica
Cusco - Tarma - Arequipa

PESO SUELTO AGREGADO FINO

Peso del molde



PESO COMPACTADO AGREGADO FINO



Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 25 de Marzo del 2024
Ensayo : Peso unitario del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-29 / N.T.P. 400.017
Cantera : Cantera Tres Tomas - Pátapo



DESCRIPCIÓN

1. PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad		
Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.306	0.152x0.306
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Suelta	kg	17.573	17.570
Peso de la Muestra Suelta Húmedo	kg	7.513	7.510
Peso Unitario Suelto Húmedo	kg/m ³	1353.053	1352.513
Peso Unitario Suelto Seco (Promedio)	kg/m ³	1348.169	

2. PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.306	0.152x0.306
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Seca	kg	18.616	18.625
Peso de la Muestra Seca	kg	8.556	8.565
Peso Unitario Seco Compactado	kg/m ³	1540.892	1542.513
Peso Unitario Suelto Seco (Promedio)	kg/m ³	1541.70	

ENSAYO : Contenido de Húmedad del agregado grueso
REFERENCIA : Norma ASTM C-535 / N.T.P. 339.185

Peso de muestra húmeda	g	1621.390	1621.390
Peso de la muestra seca	g	1615.860	1615.860
Contenido de humedad	%	0.342	0.342
Contenido de humedad (promedio)	%	0.342	



Henry
 Rivadeneira
 Oblitas
 Tec. Laboratorio
 USAT



Tesista :Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela :Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado



Lugar :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión :Chiclayo, 25 de Marzo del 2024
Ensayo :Peso unitario del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-29 / N.T.P. 400.017
Cantera : Cantera la Victoria- Pátapo

DESCRIPCIÓN

1. PESO UNITARIO SUELTO

	Unidad		
Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.306	0.152x0.306
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Suelta	kg	19.068	19.061
Peso de la Muestra Suelta Húmedo	kg	9.008	9.001
Peso Unitario Suelto Humedo	kg/m ³	1622.295	1621.035
Peso Unitario Suelto Seco (Promedio)	kg/m ³		1561.513

2. PESO UNITARIO COMPACTADO

Peso del Recipiente	kg	10.060	10.060
Dimensiones del Recipiente (D*H)	m	0.152x0.306	0.152x0.306
Volumen del Recipiente	m ³	0.006	0.006
Peso del Recipiente+ Peso de la Muestra Seca	kg	20.189	20.190
Peso de la Muestra Seca	kg	10.129	10.130
Peso Unitario Seco Compactado	kg/m ³	1824.182	1824.362
Peso Unitario Suelto Seco (Promedio)	kg/m ³		1824.272

ENSAYO :Contenido de Humedad del agregado Fino
REFERENCIA : Norma ASTM C-535 / N.T.P. 339.185

Peso de muestra húmeda	g	500.910	500.910
Peso de la muestra seca	g	482.330	482.330
Contenido de humedad	%	3.852	3.852
Contenido de humedad (promedio)	%		3.852




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emis : Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo : Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ASTM C 88 / NTP 400.016
Cantera : Cantera la Victoria- Pátapo

Tamaño de los tamices		Gradacion Original (peso)	(1) Gradacion de la muestra Original (%)	(2) de las Fraccio prendido antes ensayo (g)	(3) Peso Ret. despues del ensayo (g)	(4) Pérdida Total (%)	(5) Pérdida Corregida (%)
Pasa	Retiene						
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	100.5 g	14.76	100.3 g	95.4	4.89	0.72
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	120.5 g	17.70	100.4 g	96.4	3.96	0.70
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	185.7 g	27.28	100.0 g	97.4	2.61	0.71
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	274.1 g	40.26	100.0 g	98.4	1.60	0.64
Totales		680.8 g	100.00	400.7 g	387.6 g		2.8 %

2.8

Observaciones :

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.2 gr/cm3)

- (*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.
- (**) Se utiliza la perdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%
- (2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.
- (3) Fracciones pesadas después del ensayo
- (4) = $\frac{(2)-(3)}{(2)}$
- (5) = $\frac{(1)*(4)}{(100)}$



Tesista :Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela :Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión :Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo :Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ASTM C 88 / NTP 400.016
Cantera : Cantera la Victoria- Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I .- DATOS

TAMICES		% de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	0.72
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.70
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	0.71
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	0.64

II .- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	2.8
----------------	-----	-----

OBERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emis: : Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo : Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ASTM C 88 / NTP 400.016
Cantera : Cantera Tres Tomas - Pátapo

Tamaño de los tamices		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
Pasa	Retiene	Gradacion Original (peso)	Gradacion de la muestra Original (%)	de las Fracciones de las Fracciones retenidas antes del ensayo (g)	Peso Ret. despues del ensayo (g)	Pérdida Total (%)	Pérdida Corregida (%)
3/8"	Nº 4	100.2 g	9.18	100.0 g	99	1.04	0.10
9.5 mm	4.75 mm						
Nº 4	Nº 8	463.0 g	42.43	100.1 g	98.2	1.90	0.81
4.75 mm	2.36 mm						
Nº 8	Nº 16	427.9 g	39.22	100.0 g	94.5	5.51	2.16
2.36 mm	1.18 mm						
Nº 16	Nº 30	100.0 g	9.17	100.0 g	93.6	6.42	0.59
1.18 mm	600 µm						
Totales		1091.1 g	100.00	400.2 g	385.3 g		3.6 %

Observaciones :

- Solución usada : Sulfato de Magnesio (densidad = 1.2 gr/cm3)

(*) Cantidades mínimas; se pueden emplear muestras de mayor tamaño.

(**) Se utiliza la perdida de la fracción más próxima por ser el porcentaje original <5%

(2) Fracción pesadas de acuerdo con límites de la tabla.

(3) Fracciones pesadas después del ensayo

(4) = (2)-(3)

(2)

(5) = (1)*(4)

(100)



Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tt. Laboratorio USAT

Tesista :Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela :Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar :Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión :Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo :Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de magnesio



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ASTM C 88 / NTP 400.016
Cantera : Cantera Tres Tomas - Pátapo

EXAMEN CUANTITATIVO

I .- DATOS

TAMICES		% de pérdida pesado
Pasa	Retiene	
3/8" 9.5 mm	Nº 4 4.75 mm	0.10
Nº 4 4.75 mm	Nº 8 2.36 mm	0.81
Nº 8 2.36 mm	Nº 16 1.18 mm	2.16
Nº 16 1.18 mm	Nº 30 600 µm	0.59

II .- RESULTADO

DESGASTE TOTAL	(%)	3.6
----------------	-----	-----

OBERVACIONES :

- La identificación y procedencia de la muestra fue realizada por el solicitante.
- La solución de SULFATO DE MAGNESIO fue usada para el ensayo.
- Los ciclos transcurridos de inicio al final del ensayo son 5.




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Marzo del 2024
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso
Referencia : Norma ASTM C-136 / N.T.P. 400.012
Cantera : Cantera Tres Tomas - Pátapo



DESCRIPCIÓN

Huso 89 1/2" - 3/8"
Tamaño máximo N° 4
Tamaño máximo nominal 3/8"
Peso Inicial : 1000 g

N Tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones: % que pasan	
Pulg.	(mm)						
1/2"		0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.500	12.86	1.29	1.29	98.71	90.00	100.00
N° 4	4.750	462.99	46.35	47.64	52.36	20.00	55.00
N° 8	2.360	427.89	42.84	90.48	9.52	5.00	30.00
N° 16	1.180	89.79	8.99	99.47	0.53	0.00	10.00
N° 30	0.600	3.92	0.39	99.86	0.14	-	-
N° 50	0.300	0.16	0.02	99.88	0.12	0.00	5.00
N° 100	0.150	0.10	0.01	99.89	0.11	-	-
N° 200	0.075	0.36	0.04	99.92	0.08	-	-
Fondo		0.77	0.08	100.00	0.00	-	-

Total retenido (g)= 998.84

Módulo de fineza= 4.39

DATOS PARA LA CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO

N Tamiz	% Pasa	% que pasan: Huso 89	
1/2"	100.00	100.00	100.00
3/8"	98.71	90.00	100.00
N° 4	52.36	20.00	55.00
N° 8	9.52	0.00	30.00
N° 16	0.53	0.00	10.00
N° 50	0.12	0.00	5.00


 Henry Rivadeneyra Obilias
 Tec. Laboratorio USAT


CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO




 Laboratorio de Materiales, Concreto y Cimentos de USAT

 TÉCNICO DE LABORATORIO

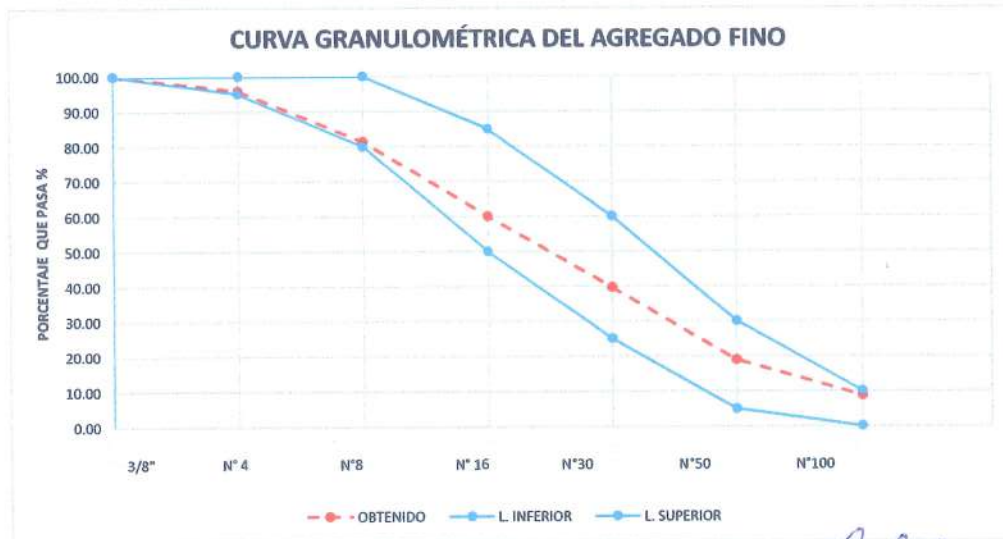
Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 27 de Marzo del 2024
Ensayo : Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino
Referencia : Norma ASTM C-136 / N.T.P. 400.012
Cantera : Cantera la Victoria- Pátapo



DESCRIPCIÓN

Peso Inicial : 1290.3 g

N Tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificaciones: % que pasan- NTP 400.012	
Pulg.	(mm)						
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
N° 4	4.750	53.49	4.16	4.16	95.84	95.00	100.00
N° 8	2.360	185.68	14.44	18.60	81.40	80.00	100.00
N° 16	1.180	274.08	21.31	39.91	60.09	50.00	85.00
N° 30	0.600	261.03	20.30	60.21	39.79	25.00	60.00
N° 50	0.300	267.43	20.80	81.01	18.99	5.00	30.00
N° 100	0.150	132.06	10.27	91.28	8.72	0.00	10.00
N° 200	0.750	78.34	6.09	97.37	2.63		
Fondo	:	33.80	2.63				
Total retenido	:	1285.91	100.00				
Módulo de Fineza	:	2.95					
Abertura de malla de referencia:			N° 4				



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT

Tesista
Escuela
Proyecto

:Ani Yudit Arevalo Inga
:Escuela de Ingeniería Civil
:Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
:Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
:Chiclayo, 07 de Julio del 2024
: Resistencia a la compresión



Lugar
Fecha de emisión
Ensayo

Referencia
Datos

DESCRIPCIÓN
: Norma ITINTEC 339.124/ NTP 339.604

M0: Muestra patron
M1: Muestra 1 (0.2% FK)
M2: Muestra 2 (0.3% FK)
M3: Muestra 3 (0.4% FK)

Tipo de adoquín : III
Área de contacto :20cmx10cm
FK : Fibra Kevlar 20

Descripción	f _c = 561 kg/cm ²	Fecha		Edad (días)	Area (cm ²)	Cargas (kgf)	R. Compresión	Porcentaje (%)	Promedio (kg/cm ²)	Promedio (%)
		Curado	Rotura				kg/cm ²			
M0		04/06/24	11/06/24	7	200	70417	352.1	62.8	349.90	62.37
		04/06/24	11/06/24	7	200	70374	351.9	62.7		
		04/06/24	11/06/24	7	200	69151	345.8	61.6		
M1		04/06/24	11/06/24	7	200	78472	392.4	69.9	371.85	66.28
		04/06/24	11/06/24	7	200	71963	359.8	64.1		
		04/06/24	11/06/24	7	200	72678	363.4	64.8		
M2		04/06/24	11/06/24	7	200	77798	389.0	69.3	390.93	69.68
		04/06/24	11/06/24	7	200	76306	381.5	68.0		
		04/06/24	11/06/24	7	200	80456	402.3	71.7		
M3		04/06/24	11/06/24	7	200	82296	411.5	73.3	418.46	74.59
		04/06/24	11/06/24	7	200	87734	438.7	78.2		
		04/06/24	11/06/24	7	200	81046	405.2	72.2		
M0		04/06/24	02/07/24	28	200	112960	564.8	100.7	567.40	101.14
		04/06/24	02/07/24	28	200	113260	566.3	100.9		
		04/06/24	02/07/24	28	200	114220	571.1	101.8		
M1		04/06/24	02/07/24	28	200	112880	564.4	100.6	574.77	102.45
		04/06/24	02/07/24	28	200	115900	579.5	103.3		
		04/06/24	02/07/24	28	200	116080	580.4	103.5		
M2		04/06/24	02/07/24	28	200	116860	584.3	104.2	580.18	103.42
		04/06/24	02/07/24	28	200	116806	584.0	104.1		
		04/06/24	02/07/24	28	200	114440	572.2	102.0		
M3		04/06/24	02/07/24	28	200	121680	608.4	108.4	607.22	108.24
		04/06/24	02/07/24	28	200	120830	604.2	107.7		
		04/06/24	02/07/24	28	200	121820	609.1	108.6		



Henry Rivadeneyra Obilitas
Tec. Laboratorio
USAT
USAT Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0162-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

1. Expediente	0644		
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.		
3. Dirección	CAL.LA FE NRO. 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS LAMBAYEQUE - CHICLAYO - CHICLAYO		
4. Instrumento calibrado	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL (PRENSA DE CONCRETO)		
Marca	TECNICAS CP		
Modelo	STYE-2000B		
N° de serie	131214		
Identificación	NO INDICA		
Procedencia	NO INDICA		
Intervalo de indicación	0 kN a 2000 kN		
Resolución	0,02 kN		
Clase de exactitud	NO INDICA		
Modo de fuerza	Compresión		
Indicador Digital			
Marca	TECNICAS CP	Serie	131214
Modelo	STYE-2000R	Resolución	0,02 kN
Transductor de Presión			
Marca	NO INDICA	Serie	NO INDICA
Modelo	NO INDICA		
5. Fecha de calibración	2024-09-03		

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

CALIBRATEC S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2024-09-08



Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42817546 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08/09/2024 09:56:36-0600



Jefe de Laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Revisión 00

RT03-F01

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0162-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

6. Método de calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Instalaciones de LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. ubicado en Cal. La Fe Nro. 0167 Upis Señor de los Milagros Lambayeque - Chiclayo - Chiclayo

8. Condiciones de calibración

	Inicial	Final
Temperatura	20,0 °C	22,9 °C
Humedad relativa	65 %	58 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 272 kg	INF-LE N° 070-24 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.




Henry Rivadeneyra
Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CA-F-0162-2024

Página 3 de 4

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso kN	Ascenso kN	Ascenso kN	Descenso kN	Ascenso kN		
%	kN						kN	kN
10	100,00	100,23	100,58	100,33	—	—	100,38	-0,38
20	200,00	200,93	199,90	200,83	—	—	200,55	-0,55
30	300,00	298,34	297,75	297,95	—	—	298,01	1,99
40	400,00	397,65	399,07	399,51	—	—	398,75	1,25
50	500,00	497,80	496,82	498,43	—	—	497,68	2,32
60	600,00	596,08	593,09	597,25	—	—	595,47	4,53
70	700,00	697,73	692,97	698,47	—	—	696,39	3,61
80	800,00	795,31	792,12	798,54	—	—	795,32	4,68
90	900,00	897,06	891,07	899,42	—	—	895,85	4,15
100	1000,00	996,89	991,92	995,83	—	—	994,88	5,12

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kN						%
10	100	-0,38	0,34	—	0,02	—	0,95
20	200	-0,27	0,51	—	0,01	—	0,62
30	300	0,67	0,20	—	0,01	—	0,43
40	400	0,31	0,47	—	0,01	—	0,46
50	500	0,47	0,33	—	0,00	—	0,38
60	600	0,76	0,71	—	0,00	—	0,53
70	700	0,52	0,79	—	0,00	—	0,59
80	800	0,59	0,81	—	0,00	—	0,56
90	900	0,46	0,94	—	0,00	—	0,64
100	1000	0,51	0,50	—	0,00	—	0,43

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

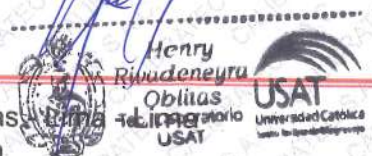
MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0,00 %

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 622
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillon Lote 50 B - Comas
✉ ventascalibratec@gmail.com
📌 CALIBRATEC SAC



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0162-2024

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FIN DEL DOCUMENTO



Obra/ Tesis L.E.M. AMAZING S.A.C
 :Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado

Código: ASTM C 157/ C 157 M-08

Título: Método de prueba estándar para cambio de longitud de mortero y concreto de cemento hidráulico endurecido

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA Concreto Experimental $f'c=561$ kg/cm²-Cemento tipo MS-FORTIMAX, MO: 0% FK

TIEMPO DE LECTURA	BARRA 1	BARRA 2	BARRA3
Semana 0	4.521	4.627	4.625
Semana 1	4.535	4.639	4.642
Semana 2	4.553	4.658	4.664
Semana 3	4.567	4.670	4.675
Semana 4	4.575	4.677	4.684

Expansión Acumulada	Expansión Unitaria
0.0000 %	0.000 %
0.0172 %	0.006 %
0.0580 %	0.014 %
0.1136 %	0.019 %
0.1788 %	0.022 %

Desviación Estandar	0.01754	0.01663	0.01812
---------------------	---------	---------	---------



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y MATERIALES
USAT
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Obillas
 Tec. Laboratorio USAT
USAT
 Universidad Católica
 Lima - Perú

$$\Delta L_x = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

$$L_x = (L_{fe} - L_{fb})$$

$$L_i = (L_{ie} - L_{ib})$$

ΔL_x = Cambio de longitud a la edad x (%)
 L_x = diferencia de las lecturas finales
 L_i = diferencia de las lecturas iniciales
 G = Longitud nominal de calibración, o
 G = 250 mm

L_{fe} = Divisiones del comparador de longitud en el espécimen (después del ensayo).
 L_{fb} = Divisiones del comparador de longitud en la barra de referencia (después del ensayo).
 L_{ie} = Divisiones del comparador de longitud en el espécimen (antes del ensayo).
 L_{ib} = Divisiones del comparador de longitud en la barra de referencia (antes del ensayo).

Días	Barra No.	Lectura inicial en el espécimen (L_{ie})	Lectura inicial en barra de ref. (L_{ib})	Diferencia de las lecturas iniciales (L_i)
0	1	4.521 mm	4.399 mm	0.1220 mm
	2	4.627 mm	4.399 mm	0.2280 mm
	3	4.625 mm	4.399 mm	0.2260 mm

Semanas	Barra No.	Lectura final en el espécimen (L_{fe})	Lectura final en barra de ref. (L_{fb})	Diferencia de las lecturas finales (L_x)	Cambio de Longitud (ΔL_x)	Promedio
1	1	4.535 mm	4.399 mm	0.1360 mm	0.006	0.006 %
	2	4.639 mm	4.399 mm	0.2400 mm	0.005	
	3	4.642 mm	4.399 mm	0.2430 mm	0.007	
2	1	4.553 mm	4.399 mm	0.1540 mm	0.013	0.014 %
	2	4.658 mm	4.399 mm	0.2590 mm	0.012	
	3	4.664 mm	4.399 mm	0.2650 mm	0.016	
3	1	4.567 mm	4.399 mm	0.1680 mm	0.018	0.019 %
	2	4.670 mm	4.399 mm	0.2710 mm	0.017	
	3	4.675 mm	4.399 mm	0.2760 mm	0.020	
4	1	4.575 mm	4.399 mm	0.1760 mm	0.022	0.022 %
	2	4.677 mm	4.399 mm	0.2780 mm	0.020	
	3	4.684 mm	4.399 mm	0.2850 mm	0.024	




 Henry Rivadeneira Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT



$$\Delta L_x = \frac{L_x - L_i}{G} \times 100$$

$$L_x = (L_{fe} - L_{fb})$$

$$L_i = (L_{ie} - L_{ib})$$

ΔL_x = Cambio de longitud a la edad x (%)

L_x = diferencia de las lecturas finales

L_i = diferencia de las lecturas iniciales

G = Longitud nominal de calibración, o 250

G = 250 mm

L_{fe} = Divisiones del comparador de longitud en el espécimen (después del ensayo).

L_{fb} = Divisiones del comparador de longitud en la barra de referencia (después del ensayo).

L_{ie} = Divisiones del comparador de longitud en el espécimen (antes del ensayo).

L_{ib} = Divisiones del comparador de longitud en la barra de referencia (antes del ensayo).

Días	Barra No.	Lectura inicial en el espécimen (L _{ie})	Lectura inicial en barra de ref. (L _{ib})	Diferencia de las lecturas iniciales (L _i)
0	1	4.621 mm	4.510 mm	0.1110 mm
	2	4.627 mm	4.510 mm	0.1170 mm
	3	4.625 mm	4.510 mm	0.1150 mm

Semanas	Barra No.	Lectura final en el espécimen (L _{fe})	Lectura final en barra de ref. (L _{fb})	Diferencia de las lecturas finales (L _x)	Cambio de Longitud (ΔL _x)	Promedio
1	1	4.635 mm	4.510 mm	0.1250 mm	0.006	0.006 %
	2	4.639 mm	4.510 mm	0.1290 mm	0.005	
	3	4.642 mm	4.510 mm	0.1320 mm	0.007	
2	1	4.653 mm	4.510 mm	0.1430 mm	0.013	0.014 %
	2	4.658 mm	4.510 mm	0.1480 mm	0.012	
	3	4.664 mm	4.510 mm	0.1540 mm	0.016	
3	1	4.667 mm	4.510 mm	0.1570 mm	0.018	0.019 %
	2	4.670 mm	4.510 mm	0.1600 mm	0.017	
	3	4.675 mm	4.510 mm	0.1650 mm	0.020	
4	1	4.675 mm	4.510 mm	0.1650 mm	0.022	0.022 %
	2	4.677 mm	4.510 mm	0.1670 mm	0.020	
	3	4.684 mm	4.510 mm	0.1740 mm	0.024	



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT

“Año del Bicentenario de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Chiclayo, 19 de Octubre del 2024

Quien suscribe:

REPRESENTANTE LEGAL.

OJEDA AYESTA FIRMO JUAN CARLOS -GERENTE GENERAL.
CAL.FRANCISCO CABRERA N° 1201 – CHICLAYO – LAMBAYEQUE

ASUNTO: Realización de ensayos en el laboratorio, AMAZONAS INGENIERIA CIVIL SOCIEDAD ANONIMA CERRADA.

Tengo el agrado de dirigirme a la escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la **UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**, para informar que la tesista **ANI YUDIT AREVALO INGA** con código universitario 191TD88323, identificado con número de DNI: 75987145, y con nombre del proyecto de investigación **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOQUÍN DE CONCRETO INCORPORANDO FIBRA DE ARAMIDA PARA TRÁNSITO VEHICULAR PESADO”**, ha realizado ensayo de durabilidad por sulfatos (2 diseños), en mi empresa mencionada en los párrafos anteriores, representada con RUC **20488017498** bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio.

Agradeciendo la atención al presente, aprovechando la oportunidad para expresarle los sentimientos de mi especial consideración y estima.
Atentamente.



Juan Carlos Firmo Ojeda Ayesta
INGENIERO CIVIL
Req. CIP 123851

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
USAT
TÉCNICO DE LABORATORIO
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT


CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Chiclayo, 06 de julio de 2024

Quien suscribe:

Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

AUTORIZA: Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL ADOQUIN DEL CONCRETO INCORPORANDO FIBRA DE ARAMIDA PARA TRÁNSITO VEHICULAR ”.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** a la estudiante Arévalo Inga Ani Yudith, identificada con DNI N°75987145, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autora del trabajo de investigación denominado “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín del concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados

- Método normalizado para la resistencia a la abrasión del concreto o superficies de mortero mediante el ensayo del rodillo giratorio (12)
- Método estándar para la determinación del módulo de elasticidad estático y de la relación de Poisson del concreto sometido a compresión (6)


Atentamente,



 **LEMS W&C EIRL.**

WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR
GERENTE GENERAL




Henry Rivadeneyra Obliús
TEC. Laboratorio
USAT
 **USAT**
Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo



LEMS W&C EIRL

RNP SERVICIOS S0608589

PROLONGACION BOLOGNESI KM. 3.5 / CHICLAYO - LAMBAYEQUE
CORREO: SERVICIOS@LEMSWYC

RUC 20480781334

NOTA DE VENTA

Nº 000043

FECHA 07/09/24

Señor(es):

Any Arevalo

Dirección:

R.U.C.

DNI:

TELF.

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
12	casaca Abrasion	30.00	340.00
	recolectado (yope)		

TOTAL 2



LEMS W&C EIRL

RNP SERVICIOS S0608589

PROLONGACION BOLOGNESI KM. 3.5 / CHICLAYO - LAMBAYEQUE
CORREO: SERVICIOS@LEMSWYC

RUC 20480781334

NOTA DE VENTA

Nº 000054

FECHA 10/10/24

Señor(es):

Any Arevalo

Dirección:

R.U.C.

DNI:

TELF.

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT	TOTAL
06	F. Modulo de Peisson	15.00	90.00
	recolectado (yope)		

TOTAL 90.00



Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio USAT



RECIBO

N° 58

5/80

FECHA:

DÍA	MES	AÑO
29	10	84

RECIBI DE: Ani Yucit Arevalo Inga

LA CANTIDAD DE: 80.00

SOLES

POR CONCEPTO DE: muestreo patron y optimo (0.4% adición) - 6 unidades.

TOTAL: 80

A CTA.: —

SALDO: —

CHEQUE N° _____

BANCO _____

EFFECTIVO _____



[Signature]
FIRMA Y SELLO



[Signature]
Henry Rivadeneyra
Obitias
Tec. Laboratorio
USAT

USAT
Universidad Católica
Sedes: Arequipa - Moquegua

Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo : Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland



DESCRIPCIÓN

Referencia : Norma ASTM C 143/C143-2008 / N.T.P. 339.035
Relación agua/cemento : a/c = 0.32
Desperdicio +15% V

FK : Fibra Kevlar 20
M0: Muestra patron
M1: Muestra 1 (0.2% FK)
M2: Muestra 2 (0.3% FK)
M3: Muestra 3 (0.4% FK)

M0			
Datos			
Materiales:			
Cemento	6.655 Kg		
Agua	2.130 Lt		
Agregado fino	2.839 Kg		
Agregado grueso	3.013 Kg		
Slump de diseño		pulg	1
Slump de obtenido		pulg	1



M1			
Datos			
Materiales:			
Cemento	6.655 Kg		
Agua	2.130 Lt		
Agregado fino	2.839 Kg		
Agregado grueso	3.013 Kg		
Fibra kevlar	0.018 Kg		
Slump de Teorico		pulg	1
Slump de obtenido		pulg	1



M2			
Datos			
Materiales:			
Cemento	6.655 Kg		
Agua	2.130 Lt		
Agregado fino	2.839 Kg		
Agregado grueso	3.013 Kg		
Fibra kevlar	0.026 Kg		
Slump de Teorico		pulg	1
Slump de obtenido		pulg	0.9

M3			
Datos			
Materiales:			
Cemento	6.655 Kg		
Agua	2.130 Lt		
Agregado fino	2.839 Kg		
Agregado grueso	3.013 Kg		
Fibra kevlar	0.035 Kg		
Slump de Teorico		pulg	1
Slump de obtenido		pulg	0.8




 Henry Rivadeneyra Oblitas
 Tec. Laboratorio USAT


Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito vehicular pesado
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo : Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto



Referencia : Norma ASTM C 1064-11 /NTP 339.184
Relación agua/cemento : a/c = 0.32
Probeta : 15.2 cm de radio x 30.4 cm de longitud
Tiempo : 5 minutos
Longitud de la aguja : 21 cm

DESCRIPCIÓN

FK : Fibra Kevlar 20

M0: Muestra patron
 M1: Muestra 1 (0.2% FK)
 M2: Muestra 2 (0.3% FK)
 M3: Muestra 3 (0.4% FK)

Datos obtenidos

Muestras	Temperatura C°	Temperatura F°
M0	31.5	88.7
M1	31.5	88.7
M2	31.5	88.7
M3	31.5	88.7

Muestra 0



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Henry Rivadeneira Oblitas
 Tsc. Laboratorio USAT

Tesista : Ani Yudit Arevalo Inga
Escuela : Escuela de Ingeniería Civil
Proyecto : Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adoquín de concreto incorporando fibra de aramida para tránsito
Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Lambayeque, Reg. Lambayeque
Fecha de emisión : Chiclayo, 13 de Junio del 2024
Ensayo : Método de ensayo para determinar peso unitario del concreto

DESCRIPCIÓN

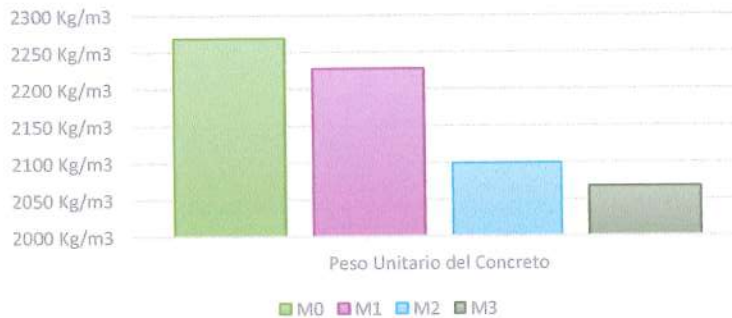
Referencia : Norma ASTM C-138/C143-2008 /NTP 339.046
Relación a/c : a/c = 0.32
FK : Fibra Kevlar 20

M0: Muestra patron
M1: Muestra 1 (0.2% FK)
M2: Muestra 2 (0.3% FK)
M3: Muestra 3 (0.4% FK)

DATOS

Descripción	M0	M1	M2	M3
Dimensiones del molde				
Largo	0.301 m	0.301 m	0.301 m	0.301 m
Diametro	0.151 m	0.151 m	0.151 m	0.151 m
Volúmen	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³	0.01 m ³
Pesos obtenidos				
Probeta	10.000 Kg	10.120 Kg	10.170 Kg	10.080 Kg
Probeta + concreto	22.150 Kg	22.050 Kg	21.410 Kg	21.150 Kg
Peso Unitario del Concreto	2269.065 Kg/m ³	2227.979 Kg/m ³	2099.118 Kg/m ³	2067.370 Kg/m ³

Peso Unitario del Concreto



LABORATORIO DE CIMENTOS, CONCRETOS Y MATERIALES
USAT

TÉCNICO DE LABORATORIO

Henry Rivadeneira Oblitas
Henry Rivadeneira Oblitas
Tec. Laboratorio
USAT

Universidad Católica
Santo Toribio de Mogrovejo