

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE FIBRA METÁLICA 4D EN EL COMPORTAMIENTO DE
RESISTENCIA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL
DISTRITO DE ANDAHUAYLAS”**

**PRESENTADO POR
BACH. LEÓN GAMARRA, STIVEN OMAR**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL: NUEVAS
TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**HUANCAYO, PERÚ
2022**

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“INFLUENCIA DE FIBRA METÁLICA 4D EN EL COMPORTAMIENTO DE
RESISTENCIA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL
DISTRITO DE ANDAHUAYLAS”**

**PRESENTADO POR
BACH. LEÓN GAMARRA, STIVEN OMAR**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL: NUEVAS
TECNOLOGÍAS Y PROCESOS**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**HUANCAYO, PERÚ
2022**

ASESOR:

ING. ALCIDES LUIS FABIÁN BRAÑEZ

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi familia, a mi madre y mi hermana quienes han sido parte fundamental en mi vida, ellos son quienes me dieron grandes enseñanzas y los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

León Gamarra, Stiven Omar

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por darnos salud y sabiduría para salir siempre adelante.

A la Universidad Peruana los Andes y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por ser parte de nuestra formación profesional.

A los ingenieros Joseph Rumiche Ormeño, Paul Mora Bonilla y Anthony Mora Bonilla, por sus conocimientos, experiencia, exigencia, asesoramiento y apoyo para realizar mi investigación.

Finalmente, a mis familiares y amigos quienes siempre estuvieron apoyándome en todo.

León Gamarra, Stiven Omar

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

DR. RUBÉN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

Mg. Jesús Iden Cárdenas Capcha
JURADO

Mg. Justo Claudio Rodas Romero
JURADO

Mg. Javier Reynoso Oscanoa
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

CONSTANCIA N° 285

Que, el (la) bachiller: **STIVEN OMAR, LEÓN GAMARRA**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA CIVIL**, presentó la tesis denominada: **"INFLUENCIA DE FIBRAMETÁLICA 4D EN EL COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS"**, la misma que cuenta con **126 Páginas**, ha sido ingresada por el **SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO** obteniendo el **30%** de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 16 de Septiembre del 2022



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	6
ÍNDICE	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1.- Planteamiento del problema.....	18
1.2.- Formulación y sistematización del problema.....	21
1.2.1.- Problema general.....	21
1.2.2.- Problemas específicos.....	21
1.3. Justificación	21
1.3.1.- Justificación Práctica	21
1.3.2. Justificación Teórica.....	22
1.3.3. Justificación Metodológica	22
1.4.- Delimitación del problema	22
1.4.1.- Delimitación espacial	22
1.4.2.- Delimitación temporal	23
1.4.3.- Delimitación económica.....	23

1.5.- Limitaciones.....	23
1.6.- Objetivos de investigación	23
1.6.1.- Objetivo general.....	23
1.6.2.- Objetivos específicos	24
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	25
2.1.- Antecedentes.....	25
2.1.1.- Antecedentes internacionales.....	25
2.1.2.- Antecedentes nacionales.....	28
2.2.- Marco conceptual	34
2.2.1.- Fibras metálicas 4D	34
2.2.2.- Comportamiento de resistencia del pavimento	45
2.3.- Definición de términos	74
2.4.- Hipótesis.....	75
2.4.1.- Hipótesis general	75
2.4.2.- Hipótesis específicas	75
2.5.- Variables.....	76
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	76
2.5.2. Definición operacional de la variable.....	76
2.5.3. Operacionalización de la variable	77
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	78
3.1.- Método de investigación.....	78
3.2.- Tipo de investigación	78
3.3.- Nivel de investigación	79
3.4.- Diseño de investigación.....	79
3.5.- Población y muestra de la investigación.....	80

3.5.1.- Población	80
3.5.2.- Muestra	80
3.6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos	80
3.6.1.- Técnicas de recolección de datos.....	80
3.6.2.- Instrumentos de recolección de datos	81
3.7.- Procesamiento de la información	81
3.8.- Técnicas y análisis de datos.....	82
CAPITULO IV: RESULTADOS.....	83
4.1.- Presentación de resultados	83
4.2.- Prueba y contrastación de hipótesis específicas	95
4.3.- Prueba y contrastación de hipótesis general.....	103
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	106
5.1.- Discusión de resultado general	106
5.2.- Discusión de resultado específicos	107
CONCLUSIONES.....	110
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
ANEXOS	119
Anexo 1: Matriz de consistencia	120
Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables	121
Anexo 3: Matriz de operacionalización del instrumento.....	122
Anexo 4: Panel fotográfico.....	124
Anexo 5: Resultado de resistencia	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de fibra 4D.....	35
Tabla 2 Clasificación mediante su composición Química	38
Tabla 3 Recomendaciones de proporciones para dosificaciones de HRFA	45
Tabla 4 Clasificación de los vehículos de acuerdo a la clase	67
Tabla 5 Autobús.....	67
Tabla 6 Camión	68
Tabla 7 Camión remolque.....	68
Tabla 8 Tractor semiremolque	68
Tabla 9 Tractocamión doblemente articulado	68
Tabla 10 Operacionalización de variables	77
Tabla 11 Relación agua - cemento	84
Tabla 12 Relación asentamiento – tamaño máximo nominal de agregado.....	85
Tabla 13 % de aire.....	86
Tabla 14 Cantidades de materiales de cálculo	86
Tabla 15 Cálculo de agregados	88
Tabla 16 Prueba de calidad del concreto.....	90
Tabla 17 Diseño de mezcla de concreto + 0 kg de fibra	91
Tabla 18 Diseño de mezcla de concreto + 15 kg de fibra	91
Tabla 19 Diseño de mezcla de concreto + 20 kg de fibra	92
Tabla 20 Diseño de mezcla de concreto + 25 kg de fibra	93
Tabla 21 Cálculo del P-valor de correlación de Pearson	95
Tabla 22 Cálculo del P-valor según la dimensión tenacidad.....	96
Tabla 23 Coeficientes de contrastación de hipótesis 1	97

Tabla 24	Cálculo del P-valor según la dimensión resistencia a la compresión	98
Tabla 25	Coeficientes de contrastación de hipótesis 2	99
Tabla 26	Cálculo del P-valor según la dimensión módulo de rotura	100
Tabla 27	Coeficientes de contrastación de hipótesis 3	101
Tabla 28	Cálculo del P-valor según la dimensión control	102
Tabla 29	Coeficientes de contrastación de hipótesis 4	103
Tabla 30	Cálculo del P-valor según variable dependiente	104
Tabla 31	Coeficientes contrastación de hipótesis general	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fibra metálica 4D 65/60	34
Figura 2 Gama 4D	36
Figura 3 Longitud de fibra.....	36
Figura 4 Diámetro de fibra.....	36
Figura 5 Esbeltez de fibra.....	37
Figura 6 Formas de fibras metálicas	37
Figura 7 Test de la Capacidad portante de la Fibra de Acero Dramix.....	41
Figura 8 Ensayo de Placa EFNARC.....	41
Figura 9 Prueba de Pull-Out para fibras metálicas 3D, 4D y 5D	43
Figura 10 Resistencia del hormigón con fibra metálicas 3D, 4D y 5D	44
Figura 11 Resistencia a la compresión.....	47
Figura 12 Medición del Slump del concreto.....	47
Figura 13 Diseño de mezcla, elaboración del concreto y sus muestras.....	48
Figura 14 Distancia de repulsión vs slump vs a/c.....	53
Figura 15 Módulo de rotura	58
Figura 16 Capas de un pavimento	66
Figura 17 Formula AASHTO	72
Figura 18 Comparación de la relación agua/cemento	85
Figura 19 Resistencia a la compresión.....	89
Figura 20 Resultados de resistencia a flexión	90
Figura 21 Resistencia del modulo de rotura	93

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general ¿De qué manera la fibra metálica 4D influye en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?, el objetivo general fue: Determinar la influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas y la hipótesis general que se contrastó fue: La fibra metálica 4D favorece significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. La metodología general de la investigación fue el científico y del tipo aplicada, nivel descriptivo explicativo y de diseño experimental. La población estuvo conformada por el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas.

La principal conclusión de esta investigación es que, los resultados de los ensayos en la prueba de compresión de los cilindros de concreto arrojaron que la relación agua cemento del diseño de mezcla para este tipo de concreto es de 0.49 y para alcanzar los requisitos de la especificación del proyecto en el módulo de rotura se necesitó 20 kg de fibra metálica 4D, así mismo se pudo comprobar que el p_valor tuvo como resultado 0.001 y el R de Pearson obtuvo un valor de 0,999321 \approx 99,9321% por tanto con una probabilidad de error 0,000679 \approx 0,0679 % existe correlación entre la fibra metálica 4D y el comportamiento de resistencia del pavimento rígido

Palabras clave: **Fibra 4D, resistencia, diseño de mezcla y comportamiento de la resistencia.**

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: How does the 4D metallic fiber influence the resistance behavior of the rigid pavement in the Jirón Ayacucho of the District of Andahuaylas?, the general objective was: To determine the influence of the 4D metallic fiber in the behavior resistance of the rigid pavement in Jirón Ayacucho of the Andahuaylas District and the general hypothesis that was contrasted was: The 4D metallic fiber significantly favors the resistance behavior of the rigid pavement in the Jirón Ayacucho of the Andahuaylas District.

The general research method was scientific, the type of research was applied, explanatory descriptive level and experimental design. The population was made up of the rigid pavement in the Jirón Ayacucho of the Andahuaylas district.

The main conclusion of this research is that, the results of the tests in the compression test of the concrete cylinders showed that the water-cement ratio of the mix design for this type of concrete is 0.49 and to reach the requirements of the specification of the project in the modulus of rupture 20 kg of 4D metallic fiber was needed, likewise it was possible to verify that the p_value resulted in 0.001 and the Pearson's R obtained a value of 0.999321 \approx 99.9321% therefore with a probability of error 0.000679 \approx 0.0679 % there is a correlation between the 4D metal fiber and the resistance behavior of the rigid pavement

Keywords: 4D fiber, strength, mix design and strength behavior.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, titulada “Influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de la resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas”, tuvo como objetivo determinar en qué medida favorece la fibra metálica 4D en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, estos tipos de fibras cuentan con 4 anclajes que al fusionarse con el concreto poseen la filosofía de alcanzar una deformación inelástica el cual es lograr que antes de que la carpeta de rodadura sufra un colapso o corte de la fibra se debe de desanclar del concreto, el caso de la tecnología 4D este proceso de desanclaje se repite en 4 veces y cada vez que se produce un desanclaje también se produce una pequeña deformación medida, este comportamiento se transmite al concreto y es por eso que las deformaciones del concreto en el resultado del desanclaje de las fibras metálicas del concreto. Con el trabajo del laboratorio se obtuvo resultados macro de tenacidad del concreto reforzado con fibras metálicas con tecnología 4D. Respecto al comportamiento de la resistencia del pavimento rígido.

El análisis comienza desde desarrollar los procesos de cálculo de la dosificación de los materiales, esto incluyendo los ya clásicos del concreto como son el cemento el agregado el agua y además de la fibra metálica. Después de esto se necesita someter al material en sus múltiples etapas a medir ciertas propiedades que son muy importantes para poder lograr un análisis comparativo que logre contemplar el comportamiento inelástico y tenacidad del concreto.

En la tesis se desarrollan los siguientes capítulos: En el Capítulo I, se desarrolló la realidad problemática, delimitación del problema, formulación del problema, justificación y objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se desarrolló los antecedentes, el marco conceptual, la definición de términos, hipótesis y variables.

En el capítulo III, se desarrolló el método de investigación, tipo de investigación, el nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

En el capítulo IV, se desarrolló los resultados de la investigación.

En el capítulo V, se desarrolló la discusión de resultados obtenido de la tesis.

Por último, se desarrolló las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

El autor.

CAPITULO I:

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.- Planteamiento del problema

La fibra metálica 4D, son filamentos de alambre que cuando son agregados al concreto, actúan como refuerzo tridimensional, limitando la propagación de grietas y aumentando la resistencia post-fisuración de los elementos estructurales. (Bekaert, 2021)

A nivel internacional, el material de construcción más utilizado es el concreto, gracias a su versatilidad, durabilidad, trabajabilidad y resistencia mecánica. Varios países han desarrollado métodos para mejorar sus características, y la dirección de la investigación es utilizar concreto reforzado con fibra 4D, que puede optimizar la aplicación en la estructura. Porter (1910) y Ficklen (1914) en el Reino Unido propusieron por primera vez mejorar el rendimiento del concreto mediante la adición de fibras de acero, pero no fue hasta 1963 que el papel de las fibras metálicas en el concreto se convirtió como elementos inhibidores del agrietamiento.

Es por estas razones el uso de las fibras de acero 4D la creación de estructuras duraderas y estancas a los líquidos, la solución perfecta para suelos continuos, concreto bajo el agua, pavimentos de carreteras y puertos.

Las tres ventajas del concreto con fibras metálicas 4D son: Para el concreto dúctil con alta capacidad de carga, las fibras unidas por peines se pueden procesar y mezclar fácilmente, y su forma delgada es beneficiosa para la distribución de las barras de acero de refuerzo; las grietas hacen el final de la fibra metálica adecuada para un buen anclaje, control de grietas y alta resistencia a la tracción, están hechos de alambre de acero estirado en frío de alta calidad para garantizar una alta resistencia a la tracción. (Reyes, 2016)

Aproximadamente el 80% del peso del concreto está compuesto por partículas de piedra de diferentes tamaños, este material se denomina árido o material inerte, por tanto, las características de estos materiales juegan un papel decisivo en la calidad del concreto. (Perrero, y otros, 2003)

Los materiales anteriores tienen muchas propiedades, pero en general, dos propiedades principales o propiedades del concreto son:

- La consistencia o fluidez relativa del material en estado fresco, también conocida como trabajabilidad, plasticidad y asentamiento.
- El grado de endurecimiento que puede obtener el concreto.

La fluidez generalmente se mide mediante una prueba que evalúa el grado de plasticidad de la mezcla, y la resistencia se determina mediante pruebas mecánicas de compresión o tracción en una muestra estándar. Con los resultados de la compresión, los expertos pueden estimar la resistencia a otros tipos de tensión (como flexión, corte o tracción).

A nivel nacional en nuestro país, un estudio más profundo de qué es la fibra y sus enormes propiedades la convierte en un componente matriz de los materiales compuestos, por lo que la colocación de fibras de acero en el concreto mejora fundamentalmente la capacidad portante de la losa bajo carga, por lo que se pueden

tolerar requisitos más altos en aplicaciones con cargas pesadas (carga portuaria grande) y cargas repetitivas (fatiga de la carretera). Por lo tanto, se puede aumentar el espesor sin afectar la capacidad o el desempeño del concreto. Para que las fibras de refuerzo sean efectivas, se recomienda que el concreto sea al menos 3 veces más bajo que su módulo de elasticidad. En este sentido destaca el concreto (30.00 MPa), que es 7 veces inferior al módulo de elasticidad de las fibras de acero (210.00MPa). El concreto alcanza la ductilidad, lo que indica que el material no acepta ninguna deformación en su estado plástico. Se aumenta la tenacidad y las fibras de acero se comportan como puntadas dentro del concreto, evitando así añadir fisuras en su interior y prolongar el tiempo de colapso (Crispín, 2019).

Los problemas que tiene los pavimentos es que sufren sobrecarga por diferentes causas, ya sea por negligencia o por error; lo que hace que este se fisure, generando un colapso de la estructura, esto se debe al cambio en la condición estructural del pavimento ocasionado por el movimiento de vehículos cargados, ya que están sometidos a dos tipos de esfuerzos: esfuerzos estáticos por sobrecarga y esfuerzos dinámicos por movimiento de vehículo, buscar un material que se comporte de manera adecuada cuando hay sobrecarga de forma, comporta miento del concreto debería de ser inelástico, soportando más carga y asumiendo deformaciones más grandes sin generar colapso de la estructura (Garnica, 2002)

En este trabajo se evalúan las propiedades mecánicas de las fibras de acero 4D con el fin de optimizar el refuerzo de concreto. La diferencia entre este concreto es que solo se utiliza concreto en masa, solo se utilizan fibras de acero como materiales de refuerzo, o de forjado convencional de refuerzo. La combinación de materiales y fibras, así como los tipos y cantidades de diversas fibras. Los resultados permitirán

buscar la solución de refuerzo más idónea para reducir costos y asegurar las especificaciones de diseño requeridas.

1.2.- Formulación y sistematización del problema

1.2.1.- Problema general

¿De qué manera la fibra metálica 4D influye en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?

1.2.2.- Problemas específicos

1. ¿Como la fibra metálica 4D influye en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?
2. ¿Qué efecto produce la fibra metálica 4D en la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?
3. ¿En qué medida la fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?
4. ¿De qué manera la incorporación de la fibra metálica 4D varia la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?

1.3. Justificación

1.3.1.- Justificación Práctica

La investigación se considera práctica cuando su desarrollo contribuye a la solución del problema, o al menos las estrategias que sugiere, cuando se aplican, contribuyen a la solución del problema (Escobar, y otros, 2020).

La fibra metálica 4D se utiliza como material de refuerzo, el cual mejora la consistencia, resistencia y flexión de los pavimentos rígidos. Al usar fibras 4D

los concretos tienen un incremento y mejoramiento de sus propiedades mecánicas, por lo tanto, tienen un mejor comportamiento mecánico el cual permite tener vías de transporte más durables y menos interrumpidas.

1.3.2. Justificación Teórica

Confrontar teorías, resultados o epistemología con el conocimiento existente cuando el propósito de la investigación es la reflexión y el debate académico sobre el conocimiento existente (Escobar, y otros, 2020).

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar nuevos conocimientos sobre el uso de fibras metálicas 4D, como elemento estructural que permiten crear estructuras duraderas, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, para ser incorporado como conocimiento en la ingeniería, ya que se estaría demostrando que el uso de fibras metálicas 4D mejoran la resistencia a la tracción en pavimentos rígidos.

1.3.3. Justificación Metodológica

Esto sucede cuando el proyecto a ejecutar propone un nuevo método o estrategia para producir conocimientos válidos y fiables (Escobar, y otros, 2020).

Para lograr los objetivos de la investigación, se utilizó técnicas de liberación lenta que permitan una distribución homogénea del acero en todo el elemento del pavimento logrando de esta manera una mejor resistencia. Por tanto, la investigación aportara técnicas que permitan un mejor traslape de fibras 4D mediante el diseño de una dosificación correcta.

1.4.- Delimitación del problema

1.4.1.- Delimitación espacial

La investigación se realizó en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas.

1.4.2.- Delimitación temporal

El objetivo de la investigación analizó la problemática tomando como punto de partida el mes de octubre del 2021 hasta mayo del año 2022, por considerar ser un periodo que permitirá establecer los objetivos planteados.

1.4.3.- Delimitación económica

En la investigación se elaboró en base al presupuesto asignado para el uso de la fibra 4D en el pavimento del Jr. Ayacucho del distrito de Andahuaylas, analizando las leyes que regulan su empleo y los gastos realizados en compras según el avance de obra y la cantidad de material que requiera ser comprado.

1.5.- Limitaciones

Durante el desarrollo de esta investigación se identificaron las siguientes limitaciones:

- Disponibilidad limitada de artículos relacionados con variables fibra metálica 4D.
- El factor tiempo para la evaluación de los resultados de la resistencia del pavimento, debido a que están en obra o se pueden desarrollar otros tipos de actividades.
- La pandemia Covid-19 por la paralización de obras y la escasez de recursos.

1.6.- Objetivos de investigación

1.6.1.- Objetivo general

Determinar la influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

1.6.2.- Objetivos específicos

1. Determinar la influencia de la fibra metálica 4D en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.
2. Evaluar los efectos de la fibra metálica 4D en la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.
3. Comprobar los efectos de la fibra metálica 4D en la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.
4. Establecer la variación de la incorporación de la fibra metálica 4D en la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

CAPITULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1.- Antecedentes

2.1.1.- Antecedentes internacionales

- Reyes (2016) señala en la investigación titulada *“Caracterización del comportamiento de hormigones reforzados con fibras de acero tipo 3D, 4D y 5D, usando ensayo ASTM C1609”*, presentado a la Universidad Técnica Federico Santa María, cuyo objetivo general fue evaluar el comportamiento de las fibras de acero en nuevos diseños, dosificadas a diferentes cantidades, ante la respuesta a la flexión del concreto reforzado con fibras, el tipo de investigación fue aplicada, la población de estudio fueron concretos diseñados para shotcrete. Llego a la siguiente conclusión: Las propiedades de las fibras están controladas principalmente por estas dosis. La preparación de la matriz cementosa debe tener en cuenta su compactación para evitar la separación de fibras, lo que afectará la resistencia de la probeta. Obteniendo los siguientes resultados: En la tabla se puede ver que para un desplazamiento 40 veces mayor que la primera fisura, la probeta aún tiene resistencia residual, lo cual se debe a la adición de fibras de acero; también se puede ver que la resistencia residual Mpa

varía entre L/ 600 y L/150 no cambia mucho entre estos dos puntos, con una atenuación de alrededor del 12% en relación con el primer punto.

- Carrera et al. (2018) en la investigación titulada *“Evaluación de las Propiedades Mecánicas de la Mezcla de Hormigón y Fibras de Acero DRAMIX 3D en Diferentes Dosificaciones para la Aplicación en Pavimentos Rígidos, Utilizando Cemento Pozolánico HE y Agregados de la Planta HOLCIM PIFO-Quito”*, presentado la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, cuyo objetivo general fue la evaluación de las propiedades mecánicas de diferentes dosis de hormigón armado con fibras de acero DRAMIX 3D en la construcción de carreteras con pavimento rígido, el tipo de investigación fue descriptivo, la población de estudio fueron muestra de cemento puzolánico. Llego a la siguiente conclusión: La ventaja de las fibras de acero para el hormigón se puede determinar porque la capacidad residual del hormigón aumenta con la cantidad de fibras de acero DRAMIX 3D en la mezcla. Obteniendo los siguientes resultados: La resistencia máxima a la tracción por flexión del hormigón aumenta con la cantidad de fibras de acero DRAMIX 3D en la mezcla, con un contenido de fibras de acero de 25 kg/m³ que es aproximadamente el doble de la resistencia máxima a la tracción por flexión, mientras que la capacidad de carga restante de 25 kg de hormigón Fuerza/m³ DRAMIX 3D fibra de acero es 4 veces la capacidad restante de 5 kg/m³ DRAMIX 3D fibra de acero hormigón reforzado.
- Cacoango et al. (2019) en la investigación titulada “Eficiencia del Control de Fisuramiento por Contracción Plástica del Hormigón mediante el uso de

Fibra de Acero 4D”, presentado a la Universidad Central del Ecuador, cuyo objetivo general fue la evaluación del agrietamiento inducido por la contracción plástica del concreto reforzado con fibra de acero 4D mediante el uso de la norma ASTM C-1579-13 en simulaciones de laboratorio de condiciones climáticas críticas, el tipo de investigación fue descriptivo, la población de estudio fue muestras de concreto con fibra en laboratorio. Llego a la siguiente conclusión: Bajo condiciones ambientales de concreto libre de fibras generado en laboratorio, el ancho promedio de fisura aumentó de 0,96 a 1,22 mm a medida que la relación agua-cemento disminuyó de 0,60 a 0,35. Lo más crítico para el concreto con una baja relación agua-cemento es que se desarrollarán más grietas. Obteniendo los siguientes resultados: La curva de CRR VS Peso de Fibra muestra que cuando la relación agua-cemento $W/C=0.35$, con el aumento del contenido de fibra, aumenta el valor de CRR, es decir, aumenta la CRR para fibras de 15, 20 y 30 kg/m³ por 22, respectivamente.%, 32%, 79%.

- Cáceres et al. (2017) en la investigación titulada “Inclusión de fibras metálicas en pavimentos rígidos”, presentado a la Universidad de El Salvador, cuyo objetivo general fue la evaluación de la viabilidad de incorporar fibras metálicas en pavimentos rígidos comparando las propiedades mecánicas del hormigón convencional y del hormigón con fibras metálicas, el tipo de investigación fue descriptivo, la población de estudio fue cilindros de concreto constó con una muestra de 12 cilindros; 3 sin fibras metálicas, 3 con dosificaciones de fibra de 3 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 6 kg/m³, 3 con dosificaciones de fibra de 9 kg/m³.

Llego a la siguiente conclusión: Los pavimentos rígidos con fibra metálica Hélix 5-25 son adecuados para proyectos con altas exigencias de cargas, cargas de choque y altas cargas vehiculares, tales como estacionamientos de aeronaves, pisos industriales y carreteras. Obtuvo el siguiente resultado: Con base en el análisis técnico, se determinó que la cantidad de fibras metálicas Hélix 5-25 aumentó de 3 kg/m³ a 9 kg/m³, la resistencia a la compresión aumentó de 7,91 % a 16,67 % y la resistencia a la flexión (MR) aumentó de 6,39 % a 15,87%.

2.1.2.- Antecedentes nacionales

- Miranda et al. (2019) en la investigación titulada “Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac”, presentado a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, cuyo objetivo general fue una gama de mezclas de concreto reforzado con fibras de acero, cemento puzolánico y aditivos químicos para la construcción de pavimentos rígidos en la zona de Apurímac, el tipo de investigación fue descriptivo, la población de estudio fue tramo del proyecto de pavimentación en la provincia de Grau del departamento de Apurímac. Llego a la siguiente conclusión: A los 7 días, el hormigón con relación a/c = 0,50 tiene una resistencia eléctrica entre 240 y 250 kg/cm² según su resistencia eléctrica equivalente (225 kg/cm²). El hormigón con relación a/c = 0,45 tiene una resistencia entre 270 y 280 kg/cm² según su resistencia equivalente (255 kg/cm²). El hormigón con relación a/c = 0,40 tiene una resistencia eléctrica entre 315 y 330 kg/cm² según su resistencia equivalente (295 kg/cm²). Obtuvo los siguientes

resultados: La Figura 19 muestra los resultados de la prueba de resistencia a la compresión de la mezcla preliminar de concreto a los 7 y 28 días. Para hormigón de 28 días, relación a/c = 0,50 según su resistencia equivalente (320 kg/cm²), la resistencia está entre 315 y 325 kg/cm². El hormigón con relación a/c = 0,45 tiene una resistencia eléctrica entre 370 y 385 kg/cm² en base a su resistencia eléctrica equivalente (360 kg/cm²). El hormigón con relación a/c = 0,40 tiene una resistencia entre 440 y 450 kg/cm² según su resistencia equivalente (420 kg/cm²).

- Gonzales (2018) en la investigación titulada “Diseño de Pavimento Rígido Fibroreforzado con Acero para el mejoramiento de la Av. Gambetta, Tramo Refinería Pampilla, Callao-2018”, presentado en la Universidad Cesar Vallejo, cuyo objetivo general fue la determinación de cómo el diseño de pavimentos rígidos reforzados con fibra de acero puede beneficiar las mejoras Av. Gambetta Tensile Pampilla-Ovalo Refinery 200 Miles, Callao-2018, el tipo de investigación fue aplicada, la población de estudio fue la Av. Gambetta tramo Refinería Pampilla–Ovalo 200 millas. Llego a la siguiente conclusión: El uso de fibras de acero DRAMIX 4D 55/60BG encoladas con extremos perfilados, además de alambres de acero seleccionados de 60 mm de largo y 1,05 mm de diámetro, logrará una distribución uniforme en la mezcla de concreto y una adecuada adherencia al sustrato cementoso según Fiber to Concrete Fibras de adhesión seleccionadas para lograr una relación de esbeltez (L/D) apropiada de 55 para evitar que el concreto se separe después de la primera falla y eliminar la propagación de grietas; tamaño nominal del agregado grueso; las fibras de la serie Dramix® 4D

están diseñadas para un control perfecto de grietas, atención especial se paga para obtener grietas más finas en el rango de 0,1 a 0,3 mm. Se consigue un suelo muy duradero y resistente. Obtuvo la siguiente conclusión: El comportamiento de los pavimentos rígidos cuyas superficies están reforzadas con acero se puede examinar con referencia al manual AASHTO 93, el cual nos dice que el diseño de pavimentos rígidos involucra el análisis de varios factores que permiten que el diseño se base en la importancia de la vía. Es necesario predecir el comportamiento confiable de la estructura del pavimento para evitar que el daño del pavimento alcance niveles de colapso durante su vida útil, el primer factor del análisis son las propiedades del material que obtenemos, ya que la resistencia a compresión cilíndrica $F_{ck}=35 \text{ N/mm}^2$, la resistencia a la tracción promedio $F_{ctm}=3.02 \text{ N/mm}^2$, el módulo de elasticidad de Young $E_c=3.5 \times 10^4$ y la resistencia a la tracción característica módulo de flexión o ruptura $F_{ctk,fl}= 3.70 \text{ N/mm}^2$, que difieren de Montalvo, M (2015) en su diseño Las condiciones son diferentes a las que usamos para el software porque las propiedades del material dependen de cada área.

- Montalvo (2015) en la investigación titulada “Pavimentos Rígidos Reforzados con Fibras de Acero versus Pavimentos Tradicionales”, presentado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, cuyo objetivo general fue información, normas generales y nuevos métodos para el dimensionamiento, proyectos y ejecución de la ingeniería de pavimentos reforzados con fibra, el tipo de estudio es descriptivo y estudia pavimentos mejorados con población y convencionales. Llego a la siguiente conclusión:

Una de las diferencias que se pueden encontrar en los parámetros de diseño son las propiedades del concreto: en PCA se usa el módulo de ruptura del concreto, en TR-34 se usa la resistencia a compresión, pero en este último se usa el software PAVE 2008 hay una base de datos que La base de datos tiene una correlación entre estas dos propiedades específicas. Por otro lado, cuando se usa PCA para diseñar espesores de pavimento para cargas vehiculares, el requisito es el número aproximado de veces que pasará el vehículo, pero en TR-34, se usa el escenario o carga más desfavorable. Muy útil para la vida útil del pavimento ya que puede trabajar dentro de los límites de esfuerzo. Obtuvo el siguiente resultado: Usando pavimento reforzado con fibra el proyecto ahorrará 11 cm de espesor, económicamente el costo de la colocación tradicional es de S/ 24393750, pero el costo del pavimento reforzado con fibra es de S/ 21149375, ahorrando S/ 3244375 que equivale al 13%, otro Por un lado, el pavimento reforzado con malla de acero cuesta S/ 30018750.

- Ccopa et al. (2018) en la investigación titulada “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra metálica”, presentado en la Universidad Nacional de San Agustín, cuyo objetivo general fue una gama de mezclas de concreto reforzado con fibras de acero, cemento puzolánico y aditivos químicos para la construcción de pavimentos rígidos en la zona de Apurímac, el tipo de investigación fue descriptiva, la población de estudio fue pavimentos rígidos de Apurímac. Llego a la siguiente conclusión: Se analizan y comparan los resultados de las propiedades mecánicas del hormigón armado con fibras metálicas con las obtenidas del hormigón

convencional, pudiendo afirmarse que los resultados son favorables. Obtuvo el siguiente resultado: De los ensayos del concreto en estado fresco tenemos que la trabajabilidad del concreto (Slump) se reduce de manera proporcional al consumo de fibra siendo 20,21 y 27% para cada diseño respectivamente.

- Aguilar et al. (2018) en la investigación titulada “Análisis Comparativo de las Magnitudes de las Propiedades Mecánicas: Resistencia a la Compresión, Módulo de Elasticidad y Resistencia a la Flexión, de un Concreto $f'c = 210$ kg/cm² con Dosificación Estándar, Concreto Reforzado con 20 kg/m³ de Fibras de Acero Dramix® 3d y Concreto Reforzado con 20 kg/m³ de Fibras de Acero Dramix® 4d”, presentado en la Universidad Andina del Cusco, cuyo objetivo general fue el porcentaje de pequeñas y grandes diferencias en las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión, módulo elástico y resistencia a la flexión, hormigón con una dosificación de $f'c=210$ kg/cm², hormigón armado con 20 kg/m³ de fibras DRAMIX® 3D acero y acero reforzado hormigón con fibras de acero DRAMIX® 4D de 20 kg/m³, evaluado a los 28 días. Se prepararon especímenes de hormigón cilíndricos (briquetas) y prismáticos (vigas), se curaron durante 28 días y se probaron su resistencia a la compresión, módulo elástico y resistencia a la flexión según las normas ASTM C39, ASTM C469 y ASTM C78, respectivamente. Al final de la investigación se concluyó a partir de las tres propiedades analizadas (resistencia a la compresión, módulo elástico y resistencia a la flexión) que las propiedades mecánicas del concreto con la adición de fibras de acero Dramix 3D y 4D aumentaron en órdenes de magnitud. Por lo tanto,

tienen mejores propiedades mecánicas que el hormigón estándar. Se confirmó un aumento del 15 % en la resistencia a la flexión del hormigón con 20 kg/m³ de fibras de acero DRAMIX® 3D, y un aumento del 17 % en el hormigón con 20 kg/m³ de fibras de acero. Acero DRAMIX® 4D, todo relativo al concreto estándar en cantidades estándar. Estos resultados son beneficiosos para el diseño de pavimentos rígidos.

- Chanca et al. (2015) en la investigación titulado “Pavimentos de Concreto Reforzado con Fibras Metálicas, en los Barrios de Bella Vista y Pueblo Nuevo del Distrito de Lircay en el Año 2012”, presentado en la Universidad Nacional de Huancavelica, cuyo objetivo general fue la determinación del efecto de las fibras metálicas Dramix RC-65/35-BN sobre la resistencia a la flexión en la construcción de pavimentos de concreto en las comunidades de Bellavista y Pueblo Nuevo del Distrito de Lircay en el año 2012, el tipo de investigación fue descriptiva, la población de estudio fue pavimentos de concreto en los barrios de bellavista y pueblo nuevo del distrito de Lircay. Llego a la siguiente conclusión: La resistencia a la flexión del concreto se usa en estructuras como pavimentos rígidos porque el esfuerzo de compresión que causa la superficie de contacto de la llanta de un vehículo con la superficie de la carretera es aproximadamente igual a la presión de inflado de la llanta. Al alcanzar 5 o 6 kg/cm², esta tensión de compresión en el pavimento de hormigón es extremadamente baja en comparación con la resistencia a la compresión del hormigón de 21 0 kg/cm². Obtuvo el siguiente resultado: Comparando el valor calculado (VC) con el valor teórico (VT), se encuentra que $VC > VT$, es decir, $VC = 5.098$, se encuentra en la

región de rechazo, por lo que rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa. El nivel de significancia del 5% y la prueba t de Student indicaron que el uso de fibras metálicas Dramix RC-65/35-BN afectó significativamente la resistencia de flexión en la losa de concreto.

2.2.- Marco conceptual

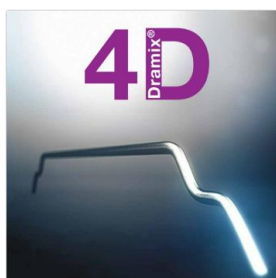
2.2.1.- Fibras metálicas 4D

Las fibras metálicas son elementos artificiales que se pueden introducir en mezclas de concreto como materiales de refuerzo para evitar grietas por contracción de fragua y cambios de temperatura, así mismo mejorar propiedades como impermeabilidad, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a la flexión, resistencia al corte y durabilidad. (Bekaert, 2015)

Así mismo la norma técnica ASTM A820/A820M especifican que la fibra de acero “Son filamentos delgados y alargados, tiene la forma de haz o malla de cualquier material natural o artificial, que se pueden distribuir y utilizado en el concreto en estado fresco”. (ASTM, 2015)

Por tanto, podemos decir que la fibra de acero 4D son “filamentos de alambre trefilado en frío con bajo contenido de carbono, cortados y deformados en sus extremos”. (Bekaert, 2021)

Figura 1
Fibra metálica 4D 65/60



Fuente: Bekaert

La fibra se define como un componente y, debido a su corta longitud y pequeña sección transversal, se puede agregar fácilmente a la calidad del concreto para mejorar la calidad del desempeño. Generalmente, estas fibras pueden ser estructurales o no, dependiendo de la capacidad de las fibras para impartir tensión al elemento. Hoy en día podemos encontrar todo tipo de fibras que se pueden utilizar como materiales de refuerzo para el hormigón, estas fibras se extraen de materias básicas (materias primas), entre ellas encontramos metales fabricados con acero al carbono, gomas elásticas y fibra de aluminio. Fibras naturales de aluminio, celulosa y carbono, y finalmente fibras sintéticas de nailon, polipropileno, etc.

Tabla 1
Tipos de fibra 4D

Fibras	Diámetro (µm)	Densidad (10 ³ Kg/m ²)	Modulo elástico (kN/mm ²)	Resistencia a la tracción (kN/mm ²)	Elongación en rotura (%)
Acero	5-500	7.84	200	0.5-2	0.5-3.5
Vidrio	9-15	2.60	70-80	2-4	2-3.5
Amianto	0.02-0.04	3.00	180	3.30	2-3
Polipropileno	20-200	0.90	5-7	0.5-0.75	8
Nylon	--	1.10	4	0.90	13-15
Polietileno	--	0.95	0.30	0.0007	10
Carbono	9	1.90	230	2.60	1
Kevlar	10	1.45	68-133	3.60	2.1-4
Acrílico	18	14-19.5	14-19.5	0.4-1	3

Fuente: (Bekaert, 2021)

A.- Beneficios

Refuerza el concreto de manera multidireccional, permitiendo una asignación uniformemente del concreto, permitiendo mejorar las propiedades mecánicas del concreto y control de grietas. Incrementa la fuerza al impacto, reemplazando la protección convencional (barras de acero). Es fácil su aplicación y almacenamiento, también permite reducir

costos de operación. mano de obra y optimización de tiempos de ejecución de los proyectos (Bekaert, 2021).

B.- Características

Las características técnicas de la fibra metálica 4D son las siguientes:

1. Propiedades del material

- Resistencia Nominal a la tracción: 1.600 (N/mm²)
- Módulo de Young: 200.000 (N/mm²)
- Deformación máxima en tracción: 0,8 %

2. Geometría

- Gama de fibras: 4D

Figura 2
Gama 4D



Fuente: Bekaert (2021)

- Longitud (l): 60 mm

Figura 3
Longitud de fibra



Fuente: Bekaert (2021)

- Diámetro (d): 0.9 mm

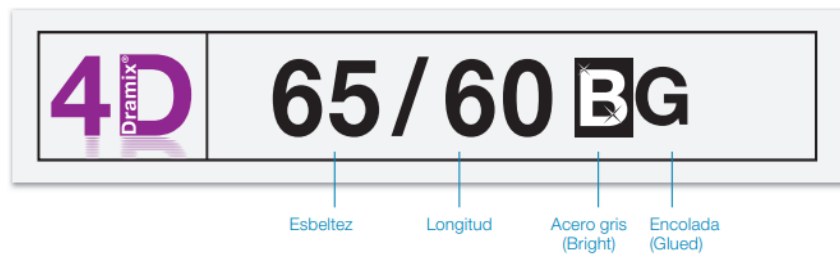
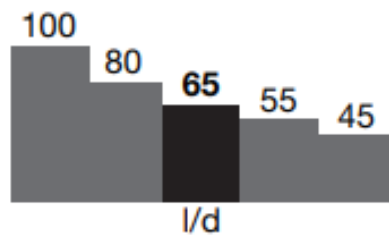
Figura 4
Diámetro de fibra



Fuente: Bekaert (2021)

- Ratio de esbeltez (l/d): 65

Figura 5
Esbeltez de fibra



Fuente: Bekaert (2021)

3. Mínima dosificación según EN 14889-1: 15 kg/m³

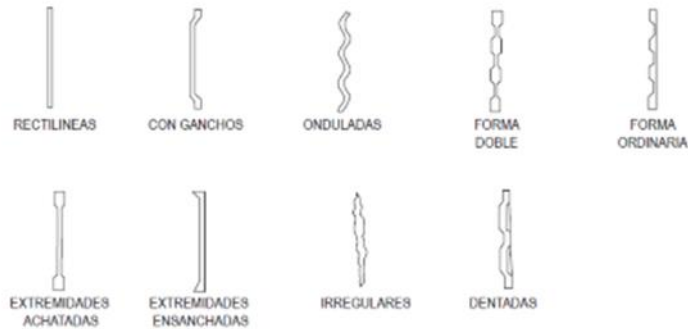
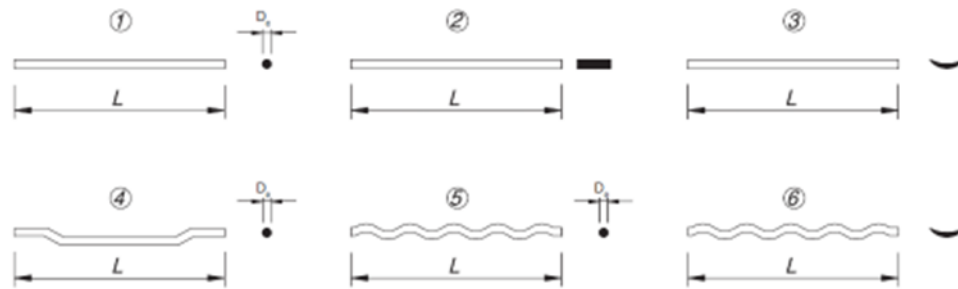
4. Red de fibras

2.999 m/m³ por 15 kg/m³

3.149 fibras/kg

Pero las fibras de acero pueden tener forma o ser rectas, o pueden permanecer redondas, rectangulares, etc.

Figura 6
Formas de fibras metálicas



(a) Varias formas de fibras metálicas



Fuente: Bekaert (2021)

En cuanto a su clasificación, la norma UNI 11037 indica que existen muchos tipos de fibras de acero. Estas fibras varían según el proceso de producción: se pueden expresar como alambres de acero trefilado en frío, dando como resultado placas de acero laminado en frío según los alambres fabricados en Italia. Por último, encontramos que existe otro tipo de fabricación: planchas de acero de proceso, como fibras de acero fresadas a partir de bloques de acero. Las fibras de acero también se clasifican según su composición química:

Tabla 2
Clasificación mediante su composición Química

A	B	C
Fibras de alambre trefilado	Fibras de chapa cortada	Otras fabricaciones

A1 Bajo contenido de carbono	A2 Alto Contenido de carbono	A3 Inox	B1 Bajo contenido de carbono	B2 Alto contenido de carbono	B3 Inox	C1 Bajo contenido de carbono	C2 Alto contenido de carbono	C3 Inox
--	--	------------	--	--	------------	--	--	------------

Fuente: Bekaert (2021)

Por lo tanto, hay cinco tipos de fibras de acero, alambre trefilado en frío, chapa, hierro fundido, alambre fresado y extracción de bloques.

La aplicación de fibras de acero en el concreto dará como resultado una modificación, convirtiéndolo en una nueva masa con características diferentes al concreto tradicional, como se mencionó anteriormente, el concreto con la adición de fibras de acero se denomina concreto reforzado con fibra de acero (Steel Fiber Reinforced Concrete – SFRC).

C.- Ventajas

Según (PSI, 2020) las ventajas más resaltantes al momento de usar las fibras metálicas 4D son las siguientes :

- Ductilidad. La ductilidad (resistencia a la flexión) se refiere a la redistribución de la tensión en la masa, lo que da como resultado una mayor capacidad de carga e incluso un espesor reducido de los pisos de concreto. Esta propiedad se puede medir mediante la prueba ASTM-C-1018-4, mediante la cual se aplican tres puntos de tensión para medir la absorción de energía proporcionada por la fibra en la región del módulo de ruptura que evalúa la deflexión.
- Resistencia a la fatiga. Uno de los cambios importantes es que el hormigón armado con esta fibra es más resistente a cargas más repetitivas, de 1,2 a 2 veces superior al hormigón simple. Esto se debe a los esfuerzos para reasignar elementos de mejora.

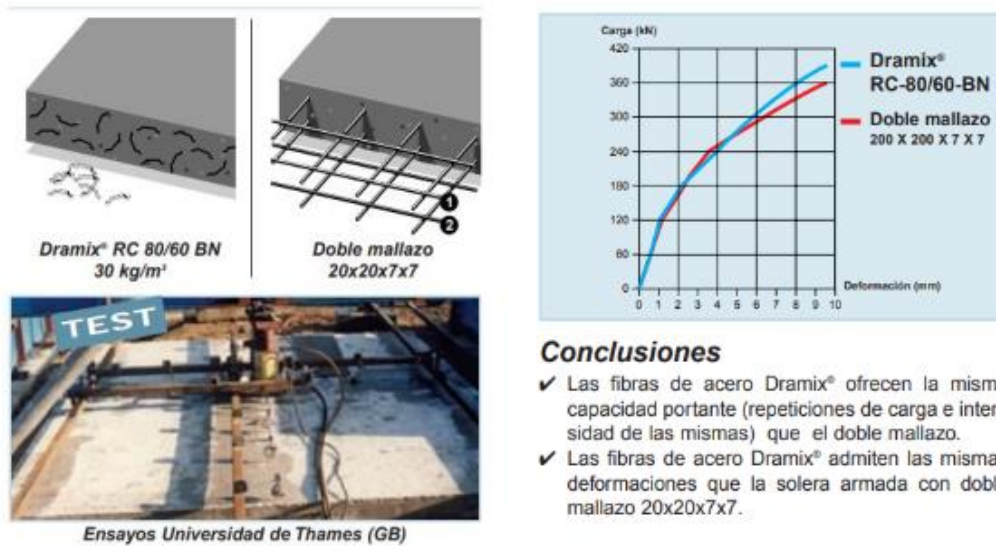
- Resistencia al cortante. Esta característica hace que no sea necesario utilizar cestas con pasadores (dispositivos de transferencia de carga dentro del pavimento), ya que las fibras metálicas o de acero son las encargadas de hacerlo en la junta de contracción. Esto es importante si por tu negocio o edificio circulan vehículos muy pesados.
- Resistencia al impacto. En este sentido, el concreto es de 15 a 100 veces más resistente que el hormigón normal. Este es un cambio importante en la administración de esta propiedad.

Sus ventajas técnicas son las siguientes: Una vez mezclado el concreto con las fibras de acero, se aumenta la capacidad portante debido a la redistribución de los esfuerzos en la losa del pavimento, y el refuerzo producido por las fibras de acero asegura el óptimo desarrollo del pavimento, controlando así el pavimento previniendo efectivamente el agrietamiento entre juntas transversales La distancia se puede aumentar sin preocupaciones.

Las ventajas económicas son las siguientes. El uso de fibras de acero ahorra todo el esfuerzo ya que no hay necesidad de asignar mano de obra para la instalación previa de la barra de refuerzo.

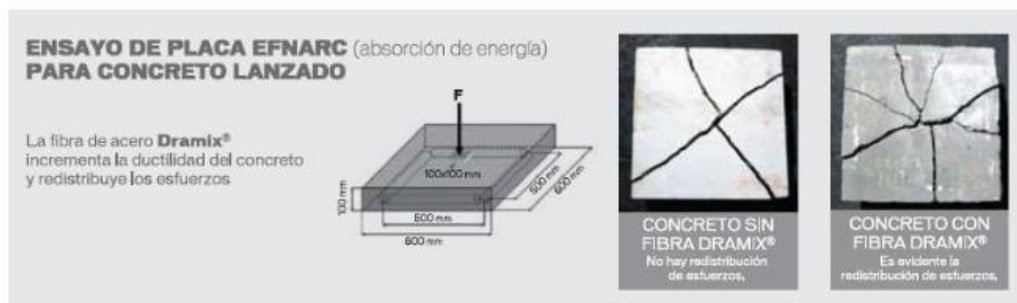
Reducción del espesor del pavimento debido a una mejor distribución de tensiones debido al uso de fibras de acero, por lo tanto, se reducirá el uso de cemento.

Figura 7
Test de la Capacidad portante de la Fibra de Acero Dramix



Fuente: Dramix

Figura 8
Ensayo de Placa EFNARC



Fuente: Dramix

D.- Comportamiento del concreto con fibras metálicas reforzadas

El concreto reforzado con fibra metálicas (CRF) es un concreto en el que varios tipos de fibras se dispersan en una matriz quebradiza para mejorar la absorción de energía y controlar el desarrollo de grietas. De esta manera, se puede extender la vida útil de la estructura, especialmente cuando la estructura está sujeta a efectos dinámicos. La fibra actúa interceptando las grietas y evitando su propagación. Si hay números

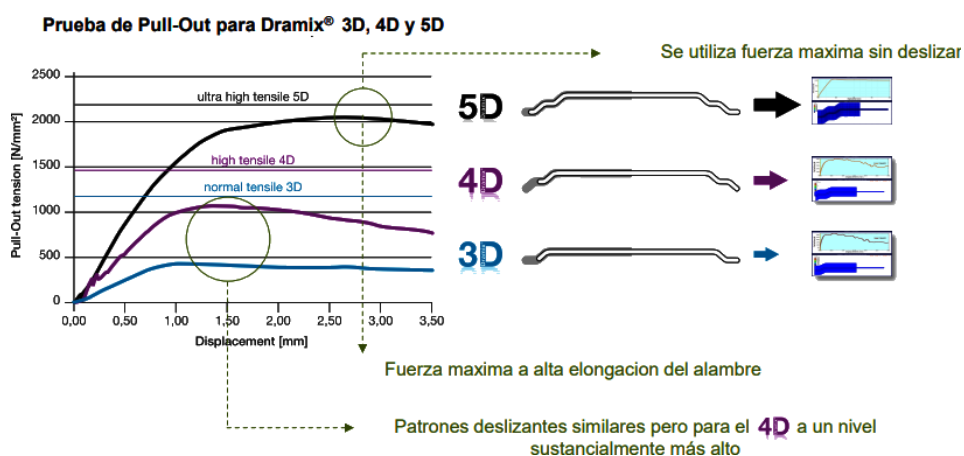
suficientes y están distribuidos uniformemente, evitarán que las microfisuras se junten, lo que aumentará la fuerza aparente de la matriz. (Isla, 2014)

Así mismo el comportamiento de las fibras metálicas son evaluadas al momento de uso, encontrando los siguientes resultados:

1.- Prueba de “Pull-out”

Si analizamos el comportamiento de tracción de una sola fibra de acero, entonces nos centraremos en el deslizamiento controlado (Steel fiber pull-out). La prueba de tracción muestra claramente la diferencia de rendimiento entre estas tres fibras. Los ganchos en los grupos 3D y 4D se deforman lentamente durante el tensado, mientras que los ganchos en el grupo 5D permanecen firmemente anclados, pero los alambres se alargan, lo que crea ductilidad en el concreto. Al salvar las grietas, primero se debe absorber la tensión de la fibra de acero. Las fibras deben deslizarse gradualmente en la matriz de concreto antes de que la tensión de tracción en el acero supere la tensión de tracción máxima. Si la fibra comienza a deslizarse demasiado rápido, la capacidad de la tensión de tracción no se puede utilizar completamente; si la fibra está bien anclada en el hormigón, hará que la fibra se rompa repentinamente antes de que comience el deslizamiento controlado y, por lo tanto, no podrá alcanzar el nivel requerido. Ductilidad

Figura 9
Prueba de Pull-Out para fibras metálicas 3D, 4D y 5D

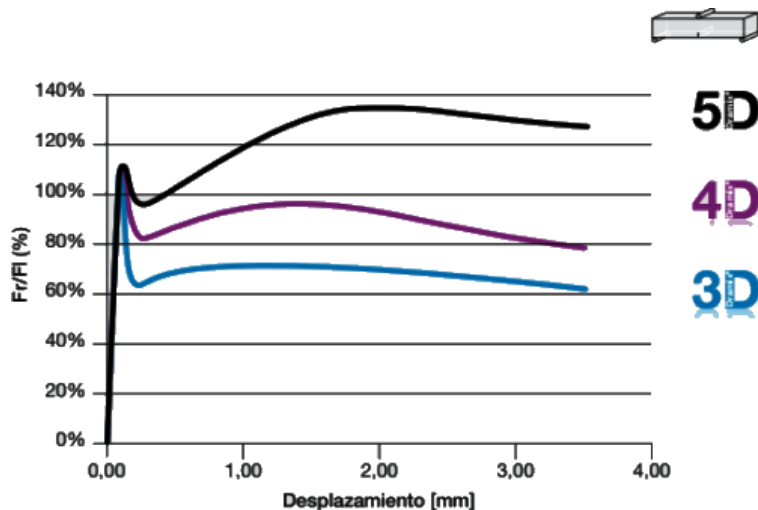


Fuente: Bakaert (2021)

2.- Esfuerzo a tensión con las deformaciones unitarias asociadas

Al salvar las grietas, primero se debe absorber la tensión de la fibra de acero. Las fibras deben deslizarse gradualmente en la matriz de concreto antes de que la tensión de tracción en el acero supere la tensión de tracción máxima. Si la fibra comienza a deslizarse demasiado rápido, la capacidad de la tensión de tracción no se puede utilizar completamente; si la fibra está bien anclada en el concreto, hará que la fibra se rompa repentinamente antes de que comience el deslizamiento controlado y, por lo tanto, no podrá alcanzar el nivel requerido de ductilidad. Ahora, la ductilidad del sistema se obtiene mediante la capacidad de alargamiento del alambre, en lugar de mediante el deslizamiento controlado. Cada tipo de fibra puede funcionar al 100% en toda el área de estiramiento de la estructura de concreto.

Figura 10
Resistencia del hormigón con fibra metálicas 3D, 4D y 5D



Fuente: Bakaert (2021)

E.- Volumen relativo de fibras metálicas 4D reforzadas en la dosificación de HRFA

Básicamente constan de los mismos componentes de concreto tradicionales más fibras de acero. Contiene fibras y cambia las propiedades del concreto en estado endurecido, así como en estado plástico, por lo que ciertos componentes deben tener condiciones que no son requeridas por el concreto convencional. (Flor, y otros, 2016)

Dependiendo del número de fibras que se añadan al concreto y su geometría, los materiales compuestos tendrán que sufrir ciertas modificaciones con respecto al concreto tradicional. Estas modificaciones están limitadas principalmente por el tamaño máximo de los áridos, la reducción de la relación de grava, el aumento de la cantidad de aditivos reductores de agua y el aumento de la demanda de finos.

Tabla 3

Recomendaciones de proporciones para dosificaciones de HRFA

Mezcla	HRFA-3D	HRFA-4D	HRFA-5D
Cemento (kg)	400		
Grava	610		
Arena	1038		
Agua (kg)	180		
Aditivo (lts)	3.4		
Tipo de fibra	3D	4D	5D
Contenido fibra (kg)	15	15	15
	20	20	20
	25	25	25

Fuente: Cáceres, Membreño et al (2017)

F.- Diseño de mezclas para Concreto con fibras 4D

Los diseños de mezcla de concreto con fibras tienen una metodología que va de la mano con lo que se conoce en la actualidad, simplemente se añade la fibra como un material adicional cuya dosificación está compuesta por el peso de la fibra por cada metro cubico de concreto producido y todo cálculo del peso de fibra por metro cubico de concreto se debe a la tenacidad demandada por la estructura de concreto, por la deformación por la carga aplicada, y el tipo de fibra está dentro de una clasificación que está directamente relacionada con el tipo de resistencia a compresión.

2.2.2.- Comportamiento de resistencia del pavimento

La resistencia del hormigón se define como la tensión máxima que puede soportar el material sin romperse. Dado que el objetivo principal del hormigón es resistir tensiones de compresión, se utiliza una medida de su resistencia a estas tensiones como indicador de calidad. (Pirizaca, 2015)

También se puede definir como la capacidad de carga por unidad de área, expresada en términos de tensión o esfuerzo, generalmente kg/cm², MPa y, a veces, libras por pulgada cuadrada (psi) (Cemex, 2019).

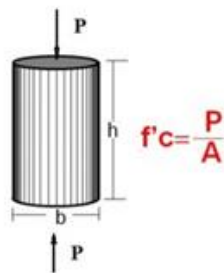
Por lo tanto, el marco teórico que aplicaremos en la investigación estará respaldado por la normativa nacional de edificación, Además, todos los procesos para la preparación de concreto premezclado en la norma técnica peruana 339.114 están considerados para mejorar la prueba de resistencia a la compresión peruana. norma técnica peruana 339.034 y la evaluación de resistencia El procedimiento de resultados de resistencia a la compresión y la medición de la aceleración de la resistencia o mejor para determinar la aceleración de la madurez del hormigón, todo lo cual se encuentra en el marco de la norma técnica peruana 339.217

La resistencia a la compresión es una característica que ha colocado al concreto como el favorito de la construcción, para resumir la explicación diremos que el concreto en las primeras horas es un material moldeable al cual le puedes dar múltiples formas, conforme va pasando el tiempo esta característica de ser moldeable la va perdiendo hasta convertirse en un material rígido el cual es capaz de resistir fuerzas, es aquí donde radica la ventaja que valida al concreto como el material de mayor uso a nivel mundial. Es obvio que esta característica debe de ser medible dependiendo de varios factores, pero ya se ha formado un consenso de cómo medir esta característica y está contenido todo proceso de medición de la resistencia a la compresión del concreto dentro de la norma ASTM C 39, y que un su versión peruana es la norma técnica peruana 339.114,

y en esta oportunidad mediremos la madurez del concreto que es como medir el proceso de crecimiento de la resistencia a través del tiempo, para lograr este concepto haremos uso de la norma técnica peruana 339.217, donde se especifica la importancia que es la resistencia a compresión en el concreto.

Figura 11
Resistencia a la compresión

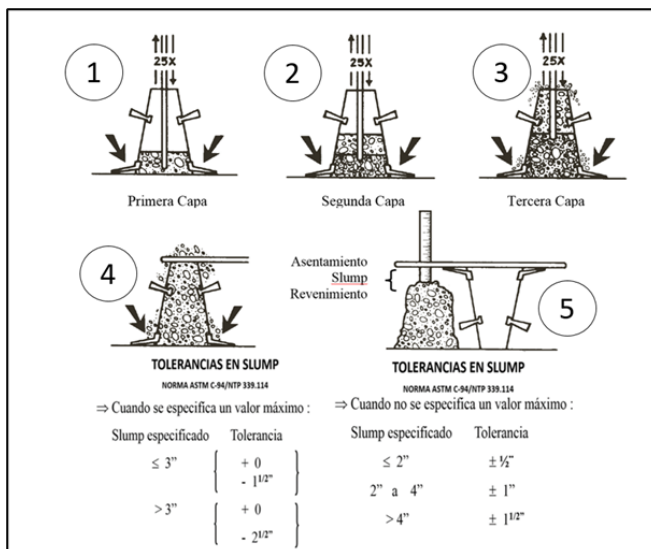
Fuerza transmitida a través del concreto



Fuente: (Pirizaca, 2015)

Por otro lado, la característica que nos ayudará para tener un propósito en la moldeabilidad del concreto será el revenimiento y para esto nos ayudaremos en la norma ASTM C 143 que en su versión peruana es la norma técnica peruana 339.035.

Figura 12
Medición del Slump del concreto



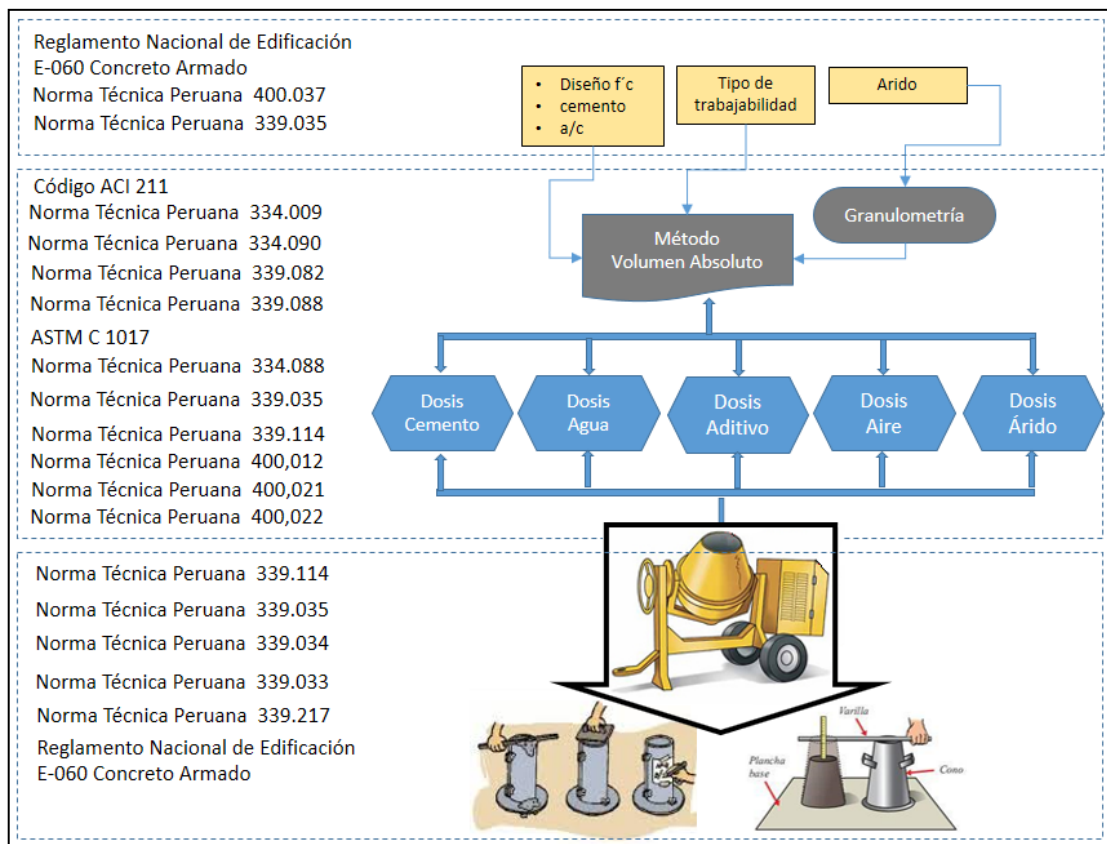
Fuente: (Pirizaca, 2015)

A.- Diseño de mezcla de concretos

El concreto está considerado como el segundo material de construcción más usado del mundo, se han hecho universalmente múltiples investigaciones, por tal motivo en esta oportunidad solo nombraremos las cosas del concreto que nos competen para poder llegar al objetivo de la investigación para diseñar mezclas de concreto.

Los documentos que nuestro país está relacionado con respecto al diseño de mezclas de concreto son el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y Código del Instituto Americano de Concreto ACI 211, a estos documentos nos remitiremos cada vez que necesitemos una característica que nos ayude. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Figura 13
Diseño de mezcla, elaboración del concreto y sus muestras



Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006

Materiales del Concreto

Los materiales del concreto son muchos y han ido incrementando durante los últimos años con la finalidad de poder resolver una demanda específica en alguna estructura de comportamiento singular, pero la base de materiales inmutables que intervienen en el diseño de mezcla de concreto para todos los efectos es el cemento, agua, arena (agregado fino) y piedra (agregado grueso), sin embargo a estos hay que añadir el aire que sin llegar a ser un material forma parte intrínseca de la composición del concreto. Los materiales base o componentes del concreto si varían sus características y como anteriormente lo describíamos su variación depende de algún desempeño singular de la estructura.

Es muy importante la descripción de los materiales del concreto, además de empezar a restringir sus características, con la finalidad de adaptarse a las características de nuestro grupo de datos esto ayudara a imprimir las características de la RNA. En tal sentido la descripción de los materiales es la siguiente:

- **Cemento**

Es un material aglutinante para concreto, su composición en polvo fino se ajusta al tamiz No. 325, su composición química lo hace hidráulico y muy sensible a la humedad o reacción del agua, sus características se utilizan principalmente para empaquetar otros materiales, y tiene resistencia a la compresión. enorme desarrollo de la fuerza y la poca resistencia a la tracción, el desarrollo de esta resistencia hace que primero se comporte como un material plástico, por lo que con el tiempo va ganando rigidez o

endurecimiento. Este material está clasificado por tipo y está considerado en el RNE, pero en nuestro estudio utilizaremos el tipo de cemento más utilizado en la ciudad de Huancayo, la marca Andina de cemento Tipo I (Robles, y otros, 2015).

- **Agua**

Es un catalizador para el cemento, forma una pasta semi-viscosa alrededor del material junto con el cemento, el agua tiene propiedades en el RNE que controlan su calidad, y como muestra de estudio aceptaremos el agua-hormigón utilizado en la elaboración de los datos establecer. En Propiedades Calculadas se define como el insumo principal, aunque no tiene un amplio rango de variabilidad, define mucha influencia en la resistencia a compresión del concreto, esto es a través del factor agua/cemento, este factor matemático es directamente relacionada con la resistencia del hormigón y proporcionalmente correlacionada, en algunos estudios se ha podido consolidar esta propiedad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006).

- **Agregado fino (Arena)**

Un material cuya característica principal es su granulometría es tal que su clasificación en la RNE se basa en la conformidad de su rango granulométrico, lo que se denomina curva granulométrica. Es químicamente inerte y su función en el hormigón es aportar textura y densificación, otorgándole al hormigón sus propiedades isotrópicas, que son la base fundamental del comportamiento

estructural del hormigón, entre otras cosas, ayuda al material en su frescura al comportamiento reológico en estado.

- **Agregado grueso (piedra)**

En Perú nos basamos mucho en la Especificación Técnica Peruana 400.037 que es la especificación que define las propiedades de los agregados gruesos, las propiedades de este material se definen de acuerdo a las necesidades de la obra, donde la clasificación se puede diversificar a partir de múltiples curvas granulométricas. , pero su clasificación es más compleja, ya que tiene más de 10 curvas de granularidad diferentes, posiblemente incluso una combinación de ellas, la más utilizada en el mercado de la construcción es el Spindle 67. El agregado grueso no debe ser afectado por ninguna reacción química, además, no debe reaccionar químicamente con nada en el concreto, sin embargo, si el agregado reacciona químicamente con los componentes del cemento, no se considera que se utilizan los requisitos de la norma técnica peruana. Un ejemplo de una reacción adversa entre el agregado grueso y el cemento es la reacción álcali-sílice en el material utilizado para hacer concreto. El agregado grueso beneficia la resistencia del concreto, además le brinda gran estabilidad al comportamiento isotrópico del concreto.

- **Aditivos**

Las mezclas de hormigón se realizan según tres técnicas claramente definidas según el tiempo, que son:

- Lignosulfonato básico y gluconato

- Melamina y sulfonaftaleno
- Base de policarboxilato

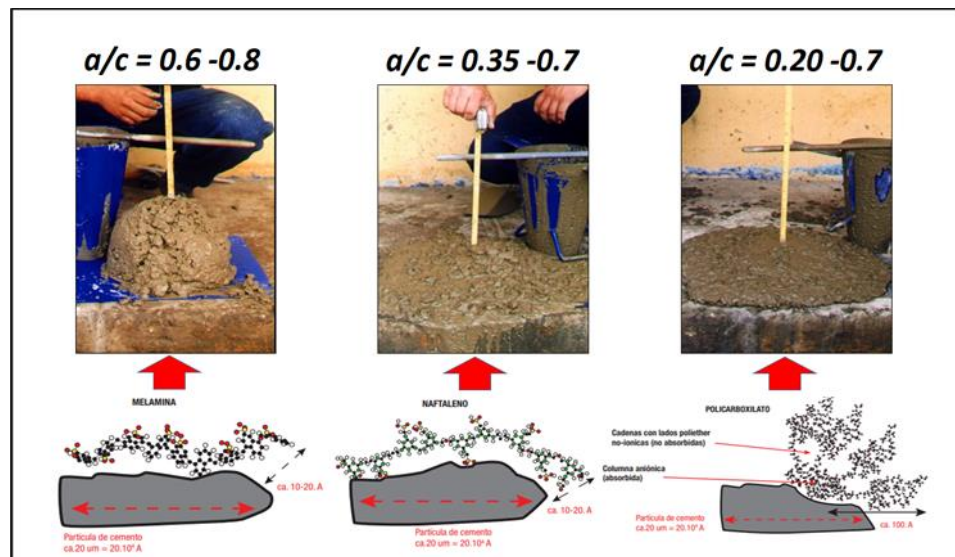
La diferencia está principalmente en la capacidad de reducción de agua, pero además de la construcción de formulaciones químicas, las normas existentes las clasifican más de acuerdo con sus propiedades, que se relacionan con las siguientes propiedades: resistencia a la compresión, fraguado inicial y fraguado final, respectivamente Contenido, reducción de agua, revenimiento; estos estándares son los siguientes ASTM C 494, ASTM C 1017.

Cuando se agregan a una mezcla de concreto, los superplastificantes Prodac (agentes reductores de agua) es absorbido por la partícula de cemento en su fase superficial, creando una fuerza que se repele con las demás partículas de cemento entre sí, ocasionando así un cambio en la reología (fluidez) del concreto, haciéndolo más fluido. Para ser correctamente exactos, los aditivos tienen tres familias bien definidas de moléculas que son : la melamina, los sulfonaftalenos, y los policarboxilatos, todos en general tienen el mismo comportamiento descrito anteriormente, es decir la superficie del cemento absorbe la molécula del aditivo sea cual sea la base química, con resultado de esta absorción se forma la fuerza de repulsión la misma que hace que las partículas de cemento se repelan entre sí, desestabilizándola y formando un cuerpo inestable en forma y fluido en comportamiento, este efecto producido por el aditivo también es producido en ciertas circunstancias por el agua

pero al diferencia del aditivo se necesita mucha cantidad de agua para lograr el mismo efecto que el aditivo.

Existe el efecto de la fuerza de repulsión debido a la absorción del cemento a través de la superficie, sin duda nos podemos dar cuenta que según la tecnología del aditivo o mejor mencionado según la base química produce una fuerza de repulsión diferente y esto es lo que provoca distinta característica con respecto a un concreto normal o estándar sin aditivo.

Figura 14
Distancia de repulsión vs slump vs a/c.



Fuente: : (Pirizaca, 2015)

- **Fibra**

Actualmente, podemos definir el acero como una aleación, que es el producto del hierro y el carbono, que contiene zinc, manganeso, vanadio, cromo, aluminio, níquel y tungsteno, según el propósito para el que se procesa.

Ductilidad.- El comportamiento de ductilidad (tenacidad a la flexión) se refiere a la redistribución de esfuerzos en la masa, resultando en

una mayor capacidad portante e incluso una reducción en el espesor del pavimento. Esta propiedad se puede medir mediante una prueba ASTM C 1018 a través de la cual se aplican tres puntos de tensión para medir la absorción de energía proporcionada por la fibra en la región del módulo de ruptura para evaluar la deflexión.

Resistencia a la fatiga.- Un cambio importante es que el hormigón armado con esta fibra ofrece 1,2 veces más resistencia a la repetición de carga que el hormigón simple. Esto se debe a los esfuerzos para reasignar elementos de mejora.

Resistencia al cortante.- Esta característica hace que no sea necesario utilizar cestas con pasadores (dispositivos de transferencia de carga en pasarelas), ya que las fibras metálicas o el acero son las encargadas de hacerlo en las juntas de contracción.

Resistencia al impacto.- En este sentido, el concreto reforzado es de 15 a 100 veces más resistente que el concreto normal. Este es un cambio importante en la administración de esta propiedad.

B.- Factores más importantes de los Diseños de Mezclas del concreto

Teniendo como base normativa al código ACI 211, este código contiene dentro de sí la metodología que habla solamente de la estructuración del cálculo matemático usado para el diseño de mezclas extraeremos los conceptos en forma de factores o características que nos apoyaran en la formulación del RNA del Diseño de Mezclas:

Relación Agua Cemento.- Es el resultado de dividir el peso del agua por el peso del cemento, el cual debe definirse en un diseño de mezcla con un volumen igual a un metro cúbico, esta relación está relacionada con la resistencia a la compresión del concreto y, por ello, es muy importante que generalmente vienen Say, si se introducen la resistencia a la compresión y la relación agua-cemento en el plano cartesiano, su lista forma una curva que siempre se cumple.

Cantidad de cemento en kilogramos.- Este dato también es proporcional al aumento de la resistencia a compresión del hormigón cuando la relación agua-cemento es estable, pero la cantidad mínima de cemento es de 250 kg de cemento, cuyo rango máximo vendrá determinado por el coste total. específico.

Volumen absoluto en base a un metro cúbico.- Este cálculo significa que el peso de todos los materiales debe completar un metro cúbico, lo cual es de gran ayuda en el cálculo de áridos de anclaje en base al cálculo de la relación cemento y agua-cemento.

Tamaño máximo del agregado grueso.- Es una propiedad física que se refiere a la mayor dimensión representada por al menos el 10% del peso total del agregado grueso. Para sus medidas se aplican las especificaciones estándar sugeridas en la RNE. Este valor se utiliza en los cálculos para definir el porcentaje de aire atrapado en el hormigón.

Incidencia de la arena.- Es el porcentaje del peso del agregado fino con respecto al peso total de los agregados.

$$\text{incidencia de la arena} = \frac{\text{peso de arena}}{\text{peso de los agregados}}$$

$$\text{incidencia de la piedra} = (1 - \text{incidencia de la arena})$$

Porcentaje de Aire atrapado.- El aire ocluido es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del hormigón, es importante que el aire ocluido no

pueda eliminarse por completo mediante un procedimiento simple, sin embargo, el proceso de vibración ayuda a reducir el exceso de aire, por lo que la tasa de aceptación es muy baja ya que especificado en la especificación ACI 211, en promedio y con algunos ajustes, el porcentaje nominal de aire atrapado está relacionado con el tamaño máximo del agregado grueso.

Porcentaje de Aire atrapado.- El aire ocluido es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del hormigón, es importante que el aire ocluido no pueda eliminarse por completo con un procedimiento simple, sin embargo, el proceso de vibración ayuda a reducir el exceso de aire, por lo que la tasa de aceptación es muy baja ya que especificado en la especificación ACI 211, en promedio y con algunos ajustes, el porcentaje nominal de aire atrapado está relacionado con el tamaño máximo del agregado grueso.

C.- Módulo de rotura

Para analizar el comportamiento mecánico del SFRC a flexión, se deben considerar tres factores principales en su composición:

- 1.- Concreto en masa;
- 2.- Fibras de acero e interacción entre ambos.

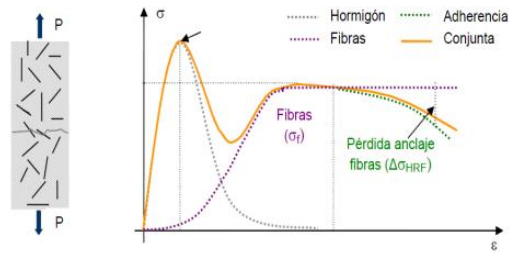
El concreto reforzado con fibras de acero, cuando es sometido a tracción o tracción flexional, presenta el siguiente comportamiento: En el primer estado de carga, el concreto absorbe totalmente dicha carga, como se muestra en la Fig. 15(a), durante el cual las fibras no trabajan, cuando el concreto se agrieta, comienza la transferencia de carga entre el concreto y las fibras de acero, es decir, las fibras comienzan a trabajar con el concreto hasta llegar a un punto donde las fibras absorben toda la carga, y si posteriormente se aumenta la carga,

las fibras deslice lentamente. En este punto se crea una zona de descarga por la pérdida de adherencia entre el concreto y las fibras. Al final del proceso, las fibras fallarán por deslizamiento, perdiendo su resistencia.

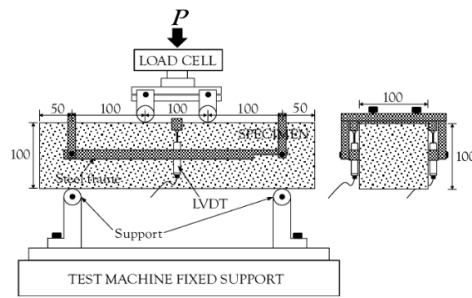
En el caso del concreto, la resistencia a la tracción o a la flexión depende de sus propiedades mecánicas, es decir, de las propiedades de los materiales que lo componen: lechada y áridos, en este caso materiales frágiles. Para el concreto armado con fibras, el factor que tiene mayor influencia en el comportamiento tensión-deformación es la fuerza de adherencia entre el hormigón y las fibras, siendo muy importante el tipo de hormigón y el tipo de anclaje de las fibras.

Ensayo de flexión, que proporciona indirectamente el valor de resistencia a la tracción del hormigón. Es una medida de la resistencia a la rotura por momento de las vigas de hormigón no reforzado. Se mide aplicando una carga a una viga de concreto que tiene una sección transversal de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) y se extiende tres veces el espesor o 18 pulgadas (450 mm). La resistencia a la tracción, expresada como módulo de ruptura (MR), se determina mediante el método de prueba ASTM C78 cuando la carga se aplica en un tercio del tramo libre y por el método de prueba ASTM C 293 cuando la carga se aplica en el punto medio del tramo libre.

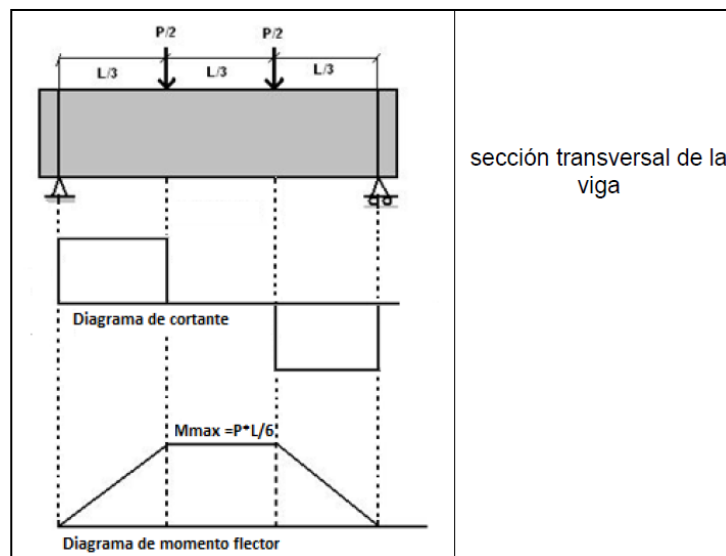
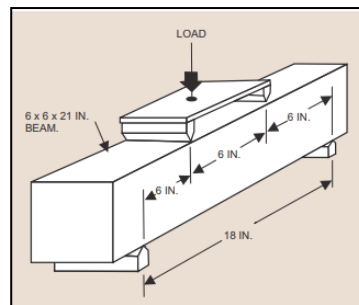
Figura 15
Módulo de rotura



(a) Ensayo a tracción



flexural test as per ASTM C1609 [18].



Fuente: ASTM C1609

Para cada tipo de concreto armado con fibras de acero se ensayaron 10 probetas para el diseño de mezclas de concreto con fibras. La curva característica es la siguiente. Para el análisis se utilizaron los puntos propuestos en la norma ASTM-C1609 para L/600, 2 mm y L/150.

Teniendo en cuenta los gráficos anteriores:

$$\sigma = \frac{M_{max}(y)}{I}$$

Donde

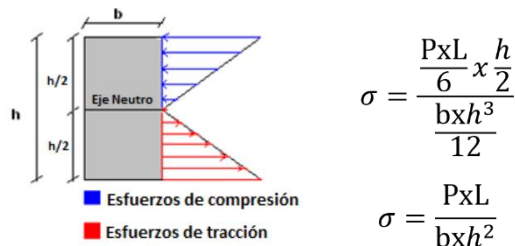
σ = esfuerzo normal

M_{max} = momento máximo determinado en el diagrama de momento flector.

Y = distancia a la cual deseamos determinar esfuerzo normal ya sea tensión o compresión medida desde el centro de gravedad de toda sección.

$$I = \frac{b(hxh)}{12}$$

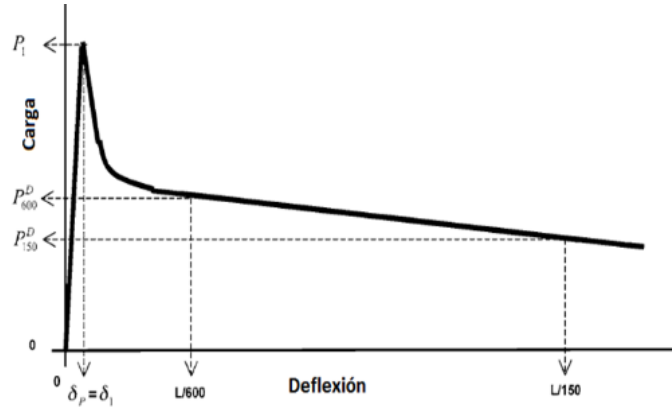
Considerando que el esfuerzo normal máximo se da cuando $y=h/2 = c$



$$\sigma = \frac{PxL}{b \times h^2} = \text{Módulo de Rotura}$$

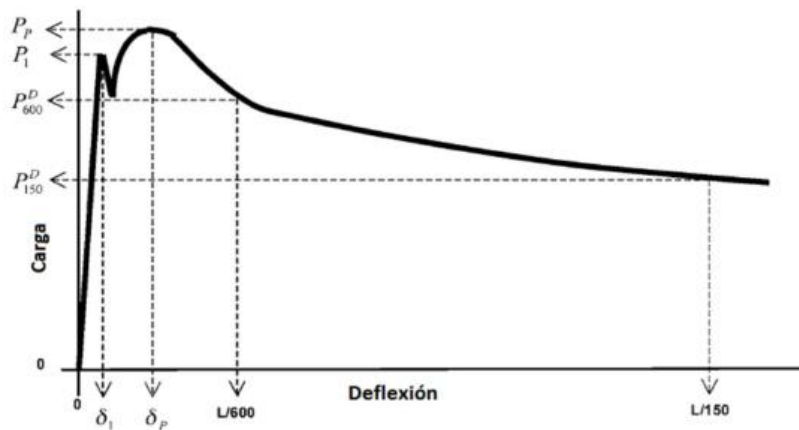
El Ensayo de la ASTM C 1609 permite determinar la resistencia residual del concreto reforzado con fibras. Para ello se fabricó una muestra de prisma de 150x150x500 mm y se cargó en el tercio central utilizando luz de 450 mm. Este tipo se usa más comúnmente cuando se cargan muestras de prueba.

Esta expresión también permite determinar la resistencia residual a cualquier desplazamiento utilizando la curva de desplazamiento de carga v/s, cuya forma característica se muestra en la siguiente figura.



Fuente: ASTM C 1609

Si el contenido de fibra en el hormigón es alto y tiene la resistencia mecánica necesaria, al realizar el ensayo se puede observar un ligero rebote de la carga a la que se somete la probeta, presentando un comportamiento similar a la siguiente figura.

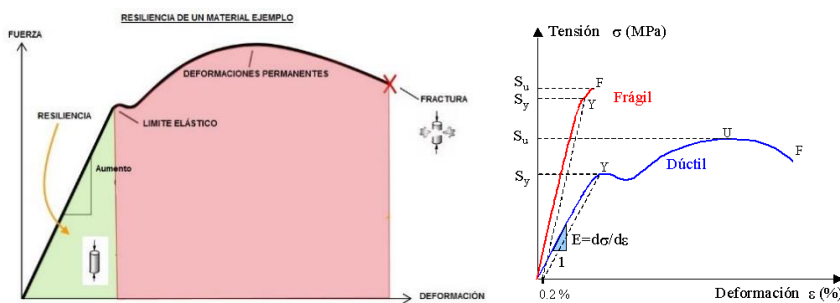


Fuente: ASTM C 1609

El módulo de ruptura es aproximadamente del 10% al 20% de la resistencia a la compresión. El módulo de ruptura determinado por la viga cargada en el tercio es

menor que el módulo de ruptura determinado por la viga cargada en el punto medio y, a veces, incluso un 15 % menor.

Las pruebas de resistencia a la flexión son útiles para los diseñadores de pavimentos cuando utilizan teorías basadas en la resistencia a la flexión. Por lo tanto, se puede utilizar para el control de aceptación y en el sitio del pavimento.



Fuente: ASTM C 1609

La máquina de carga opera de tal manera que la deflexión total del eje aumenta a tasas constantes de 0.06 y 0.12 mm por minuto hasta alcanzar la deflexión $L/600$ o 0.83 mm. Pasado este tiempo, se puede duplicar la velocidad de carga hasta alcanzar la deflexión deseada, la cual no debe ser inferior a $L/150$, equivalente a 3 mm.

Asentamiento o slump del concreto en estado fresco.- Esta propiedad del concreto solo ocurre cuando el concreto está fresco, y es una propiedad que cambia con tendencia a caer a cero en un corto período de tiempo (quizás de 2 a 8 horas).

Características generales para definir o solicitar un diseño de Mezcla.- De acuerdo con el RNE, establece que a través de la Norma 339,114 los concretos

se solicitan según sus características, las mismas que normalmente o casi siempre son la resistencia a compresión y el asentamiento, sin embargo, el concreto tiene muchas más características, pero estas características son mucho menos solicitadas, pues estas solo son usadas en situaciones singulares. Teniendo en consideración que un diseño de mezclas de concreto es armado con la base de dos características básicas que es la resistencia a compresión y el asentamiento.

Proceso de cálculo y resultados del diseño de mezclas del concreto. - todo el proceso de diseño de mezclas esta descrito en el código ACI 211

$$\text{volumen absoluto Ag. Fino (vol ag. fino)} = \frac{\text{peso ag. fino}}{\text{Peso especifico ag. fino}}$$

$$\text{volumen absoluto Ag. grueso (vol ag. grueso)} = \frac{\text{peso ag. fino}}{\text{Peso especifico ag. grueso}}$$

$$\text{volumen absoluto Cemento (vol cem)} = \frac{\text{peso cemento}}{\text{Peso especifico cemento}}$$

$$\text{volumen absoluto Agua (vol agua)} = \frac{\text{peso agua}}{\text{Peso especifico agua}}$$

$$\text{volumen absoluto Aditivo (vol aditivo)} = \frac{\text{peso aditivo}}{\text{Peso especifico aditivo}}$$

$$\begin{aligned} \text{vol ag, fino} + \text{vol ag. grueso} + \text{vol cem} + \text{vol agua} + \text{vol aire} + \text{vol aditivo} \\ = 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

D.- Características y tipos de resistencias

Cuando se trabaja con pavimentos se utilizan diferentes pruebas que permitan evaluar aspectos mecánicos, para su posterior uso y de esta manera comprobar

su calidad y cumplimiento de normas técnicas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2006)

Entre los tipos de pruebas que podemos realizar tenemos:

- La resistencia a la compresión se puede definir como la resistencia máxima medida de una muestra de hormigón o mortero bajo carga axial. Suele expresarse en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²) a los 28 días de edad, con el símbolo f'c.
- La resistencia a la flexión del concreto se usa comúnmente para diseñar pavimentos y otras losas en el suelo. Una vez que se ha establecido una relación empírica entre el material y el tamaño del elemento en cuestión, la resistencia a la compresión se puede utilizar como indicador de la resistencia a la flexión. La resistencia a la flexión, también conocida como módulo de ruptura, del concreto de peso normal es típicamente de 1,99 a 2,65 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.
- El valor de la resistencia a la tracción del concreto es aproximadamente del 8% al 12% de su resistencia a la compresión, y generalmente se estima como 1,33 a 1,99 veces la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.
- La resistencia a la torsión del concreto está relacionada con el módulo de ruptura y el tamaño de los elementos de concreto.
- La resistencia al corte del hormigón puede variar del 35% al 80% de la resistencia a la compresión. Existe una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión, tracción, torsión y cortante, dependiendo de la composición del hormigón y su entorno.

- módulo elástico, denotado por el símbolo E, se puede definir como la relación entre el esfuerzo normal y la deformación correspondiente bajo esfuerzo de tracción o compresión por debajo del límite proporcional del material. Para concreto de peso normal, E varía de 140 600 a 422 000 kg/cm² y puede ser aproximadamente 15 100 veces el valor de la raíz cuadrada de la resistencia a la compresión.

E.- Concepto de pavimento

Un pavimento es una estructura que consta de un conjunto de capas superpuestas relativamente horizontales, que están técnicamente diseñadas y construidas con materiales apropiados y completamente compactados. Estas estructuras estratificadas se ubican en la subrasante de la carretera obtenida mediante movimiento de tierras y deben ser suficientemente resistentes a las tensiones que le transmiten las cargas repetidas del tráfico durante el diseño de la estructura del pavimento. (Robles, y otros, 2015)

F.- Características de un pavimento

Según (Montejo, 2002) Para su pleno funcionamiento, el pavimento debe cumplir los siguientes requisitos:

- Efecto de carga antitráfico.
- Resistente a los agentes atmosféricos.
- Realización de texturas superficiales adecuadas a las velocidades esperadas de tráfico de vehículos ya que tiene un impacto decisivo en la seguridad vial. Además, debe ser capaz de resistir el desgaste provocado por la acción abrasiva de los neumáticos de los vehículos.

- Debe exhibir regularidad superficial lateral y vertical para proporcionar la comodidad suficiente al usuario de acuerdo con la longitud de onda deformada y la velocidad del ciclo.
 - Debe ser durable.
 - Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
 - Se debe mitigar adecuadamente el ruido de rodadura, el interior del vehículo que afecta al usuario y el ruido exterior que afecta al entorno.
 - Debe ser económico.
- Debe tener el color correcto para evitar reflejos y deslumbramientos, y brindar una adecuada seguridad en el tránsito.

G.- Capas de un pavimento

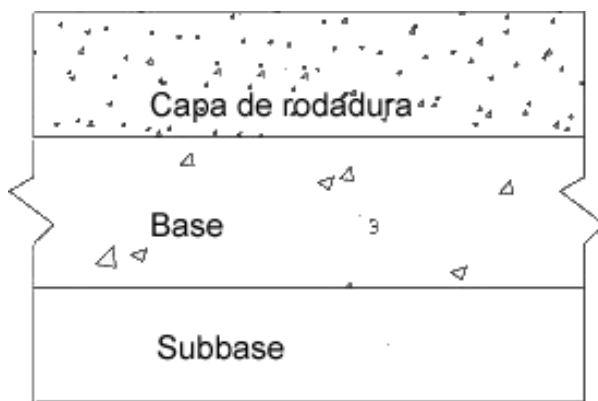
La superficie de la carretera es una estructura multicapa construida sobre la subrasante de la carretera, que se utiliza para resistir y dispersar la presión causada por los vehículos y mejorar la seguridad y comodidad del tráfico (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013).

Por lo general está conformada por las siguientes capas:

- **Capa de Rodadura:** Es la parte superior del pavimento, que puede ser asfáltico (flexible) o de cemento portland (rígido) o de adoquín, su función es soportar directamente el tráfico.
- **Base:** Es la capa por debajo de la capa de rodadura y su función principal es soportar, distribuir y transmitir la carga provocada por el flujo. Esta capa será de material drenante granular ($\text{CBR} \geq 80\%$) o tratada con betún, cal o cemento.

- **Subbase:** Es una capa de material especificado con un grosor de diseño para soportar la base y las carpetas. También actúa como controlador de las capas de drenaje y de la acción capilar del agua. Dependiendo del tipo, diseño y tamaño del pavimento, esta capa se puede omitir. Esta capa puede ser de material granular (CBR \geq 40%) o tratada con betún, cal o cemento.

Figura 16
Capas de un pavimento



Fuente: MTC (2013)

H.- Factores que influyen en el diseño de pavimentos

Los factores naturales y humanos, las cargas de los vehículos, la calidad de los materiales y los procedimientos de construcción, la topografía, las condiciones del drenaje e incluso las políticas del sector del tráfico y el transporte pueden utilizar agentes meteorológicos para interferir con el comportamiento y el diseño de las piezas estructurales. (Montejo, 2002)

Sin embargo, considere los principales factores involucrados en el diseño de aceras:

1.- Efectos de tránsito

Las técnicas más comúnmente utilizadas para el diseño estructural de pavimentos para la capa final de desgaste de asfalto y concreto hidráulico

siempre se refieren a AASHTO En este enfoque, la información requerida en las ecuaciones de diseño incluye:

- Cargas de eje y configuraciones.
- Número de aplicaciones o pases en la vía.
- Volumen de tráfico diario medio anual (TDPA), definido como el número de vehículos que pasan por un lugar en un año dividido por el número de días en el año.

Es decir:

$$TDPA = \frac{\text{No. vehículos}}{365 \text{ días}}$$

- Por la clase de vehículo.




Tabla 4
Clasificación de los vehículos de acuerdo a la clase

Clase	Nomenclatura
Automóvil	A
Autobús	B
Camión	C
Tractor	D
Semiremolque	T
Remolque	S

Fuente: Montejo (2002)

- Por medio del número de ejes.

Tabla 5
Autobús

AUTOBÚS (B)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
B2	2	
B3	3	
B4	4	





Fuente: Montejo (2002)

Tabla 6
Camión

CAMIÓN (C)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2	2	
C3	3	





Fuente: Montejo (2002)

Tabla 7
Camión remolque

CAMIÓN - REMOLQUE(C - R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
C2 - R2	4	
C3 - R2	5	
C2 - R3	5	
C3 - R3	6	

Fuente: Montejo (2002)


Tabla 8
Tractor semiremolque

TRACTOR SEMIREMOLQUE (T - S) O TRACTOR ARTICULADO		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2 - S2	3	
T2 - S2	4	
T3 - S2	5	
T3 - S3	6	

Fuente: Montejo (2002)

Tabla 9
Tractocamión doblemente articulado

TRACTOR DOBLEMENTE ARTICULADO (T - S - R)		
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2 - S1 - R2	5	
T3 - S1 - R2	6	
T3 - S2 - R2	7	
T3 - S2 - R3	8	
T3 - S2 - R4	9	

T3 – S3 – R2	8	
--------------	---	---

Fuente: Montejo (2002)

2.- La influencia de la plasticidad, resistencia, deformación de los materiales y los efectos con medio ambiente

Varios factores contribuyen a los cambios en las propiedades de resistencia y deformación de los materiales que componen la sección estructural, tales como:

- Lluvia.
- Cambio en el nivel de aguas freáticas.
- Intemperismo por cambios de clima.

Cuando el terreno natural está compuesto por materiales finos, los cambios de humedad a los que se somete son susceptibles de alterar el volumen, la resistencia y la deformabilidad o cambio de volumen de la sección estructural. Los cambios en el contenido de agua pueden ser causados por cualquiera de los siguientes:

- Infiltraciones por agua de lluvia.
- Ascenso capilar del nivel freático.
- Flujo interno en suelo o macizo rocoso por drenaje insuficiente o insuficiente.

I.- Tenacidad

Cuando se trata de tenacidad, es la energía de deformación total que un material puede absorber o acumular antes de fracturarse debido a la acumulación de dislocaciones en condiciones de impacto. Por lo tanto, debería haber una relación si esa cantidad de energía se disipa en un ciclo de carga (tracción) o en varios ciclos a lo largo del tiempo (fatiga) (Montejo, 2002).

Para medir la tenacidad, si se realiza un ensayo de tracción cuasi-estático en una muestra de sección constante, la tenacidad se puede medir como:

$$T = \int_0^{\epsilon_R} \sigma(\epsilon) d\epsilon$$

Donde:

- : Tensión σ máxima del material
- : ϵ Deformación máxima del material
- : ϵ_R Deformación de rotura del material

Por definición la tenacidad es siempre mayor que la resiliencia:

$$T > U_r = \int_0^{\epsilon_y} \sigma(\epsilon) d\epsilon$$

Dado que: $\epsilon_R > \epsilon_y$

J.- Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es la principal propiedad mecánica del concreto. Definida como la capacidad de carga por unidad de área, expresada en fuerza de tracción, generalmente expresada en kg/cm², MPa y, a veces, expresada en libras por pulgada cuadrada (psi) (Isla, 2014)

Una vez que se establece la relevancia del concreto hecho de materiales regionales, la resistencia a la compresión se puede utilizar como un indicador de la resistencia a la flexión.

Cemento y edad, o grado de hidratación del progreso. El ensayo de resistencia a la compresión se utiliza para:

- Ensayo de aceptación para una resistencia especificada.

- Verificar las proporciones de mezcla diseñada para una resistencia especificada.
- Ejercer control de calidad.
- Determinar el tiempo en el cual la estructura se puede poner en servicio.
- Evaluar la suficiencia del curado y la protección del concreto en la estructura.
- Programar la remoción de formaletas y apuntalamientos.

Se determina con:

$$f'c = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A}$$

$P_{m\acute{a}x}$ = carga máxima en el ensayo.

A = área transversal del cilindro de concreto.

K.- Módulo de rotura

La resistencia máxima determinada en una prueba de flexión o torsión. En la prueba de flexión, el módulo de ruptura durante la flexión es la tensión máxima en la fibra en el momento de la falla. En la prueba de torsión, el módulo de falla por torsión es el esfuerzo cortante máximo de las fibras extremas del miembro circular cuando ocurre la falla. Sinónimos: resistencia a la flexión y resistencia a la torsión. (Montejo, 2002)

El módulo de ruptura es aproximadamente del 10 % al 20 % de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, tamaño y volumen de agregado grueso utilizado, pero la mejor correlación para un material específico se obtiene a través de pruebas de laboratorio del material y el diseño de mezcla.

El módulo de rotura se calcula mediante la siguiente expresión:

$$f_r = MC / I$$

Donde:

fr: Modulo de rotura.

M: Momento flector en el instante de la rotura.

C: Distancia desde el eje neutro al punto de interés.

I: Momento de inercia de la sección transversal de la probeta,

L.- Metodología de diseño para el pavimento rígido

Para el diseño del pavimento rígido se seguirá el método AASTHO que se describe a continuación: La fórmula general para el diseño del pavimento rígido se basa en los resultados obtenidos de los ensayos AASTHO. La fórmula es la siguiente:

Figura 17
Formula AASTHO

$$\log_{10}(E18) = \left\{ \begin{array}{l} \text{Desviación normal estándar} \quad \text{Error estándar combinado} \quad \text{Espesor} \\ Zr \times So + 7.35 \times \log_{10}(D + 1) - 0.006 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} \\ \text{Módulo de ruptura} \quad \text{Coeficiente de drenaje} \\ \text{Serviciabilidad final} \quad \text{Tráfico} \\ + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \log_{10} \left[\frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{Ec}{k} \right)^{0.25}} \right]} \right] \\ \text{Módulo de transferencia de carga} \quad \text{Módulo de elasticidad} \quad \text{Módulo de reacción} \end{array} \right\}$$

Fuente:

El procedimiento de diseño normal es asumir el espesor del pavimento y comenzar con prueba y error, suponiendo que el espesor calcule el eje equivalente y luego evalúe todos los factores de diseño adicionales, si se

equilibran en las ecuaciones, suponga que el espesor es el resultado del problema; de lo contrario, tendrá para seguir marcando.

Las variables de diseño para el pavimento rígido son:

- a. Espesor.
- b. Serviciabilidad
- c. Tránsito
- d. Transferencia de carga
- e. Propiedades del concreto
- f. Resistencia a la subrasante
- g. Drenaje
- h. Confiabilidad

Se puede definir como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y sus combinaciones más convenientes y económicas. Se obtiene un producto con sus propiedades en estado no endurecido. Sobre todo operatividad y consistencia. y, en la condición endurecida, cumplir con los requisitos determinados por el diseñador o descritos en el plan de trabajo y las especificaciones. La elección de la proporción de mezcla depende de:

- a. Propiedades que debe poseer el concreto endurecido, requeridas por el diseñador, o especificadas en la especificación de obra.
- b. Propiedades del hormigón en estado no endurecido. Depende del tipo y características de la obra y de la técnica utilizada en la colocación del hormigón.
- c. El costo de una unidad cúbica de concreto.

2.3.- Definición de términos

- Agregado. Un material granular duro con una composición mineral para mezclar en diferentes tamaños. (Miranda, y otros, 2019)
- Agregado fino. Árido que pasa por tamiz de 6,4 mm (N 04). (Miranda, y otros, 2019)
- Agregado fino. El agregado se retiene en un tamiz de 6,4 mm (W4). (Miranda, y otros, 2019)
- Concreto Masivo. Para la construcción de grandes estructuras, el calor de hidratación es un factor clave debido a la gran cantidad de hormigón. (Carrera, y otros, 2018)
- Concreto compactado con rodillo. Es un hormigón en masa compactado con equipos convencionales de movimiento de tierras y compactación de suelos, lo que proporciona una gran rapidez y economía de construcción. (Carrera, y otros, 2018)
- Comportamiento del concreto. La resistencia del hormigón se define como la tensión máxima que puede soportar el material sin romperse. (Pirizaca, 2015)
- Hormigonado. Coloque el hormigón dentro del encofrado. sinónimo de colada y colada de hormigón. (Carrera, y otros, 2018)
- Caliza. Roca sedimentaria precipitada químicamente compuesta de calcita y carbonato de calcio, vítrea y altamente birrefringente. Se utiliza para obtener áridos finos y gruesos de hormigón. (Aguilar, y otros, 2018)
- Espécimen. Porción de concreto que se considera para mostrar las cualidades de la mezcla. (Caceres, y otros, 2017)

- Fibras metálicas. Las fibras metálicas son elementos artificiales que se pueden introducir en mezclas de concreto como materiales de refuerzo para evitar grietas por contracción de fragua y cambios de temperatura. (Bekaert, 2015)
- Granulometría. Granulometría de las piedras o partículas que componen los áridos finos y gruesos. Determinación del método de graduación. (Caceres, y otros, 2017)
- Segregación. Separación de mortero y árido grueso, provocada por el asentamiento de dicho árido. (Caceres, y otros, 2017)

2.4.- Hipótesis

2.4.1.- Hipótesis general

La fibra metálica 4D favorece significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

2.4.2.- Hipótesis específicas

1. La fibra metálica 4D influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas
2. La fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.
3. La fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas
4. La incorporación de la fibra metálica 4D varía la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

2.5.- Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente: Fibra metálica 4D

Las fibras metálicas son elementos artificiales que se pueden introducir en mezclas de concreto como materiales de refuerzo para evitar grietas por contracción de fragua y cambios de temperatura, así mismo mejorar propiedades como impermeabilidad, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a la flexión, resistencia al corte y durabilidad. (Chanca, y otros, 2013)

Variable dependiente: Comportamiento de resistencia del pavimento

La resistencia del concreto se define como la tensión máxima que puede soportar el material sin romperse. Dado que el objetivo principal del concreto es resistir tensiones de compresión, se utiliza una medida de su resistencia a estas tensiones como indicador de calidad. (Flor, y otros, 2016)

2.5.2. Definición operacional de la variable

La variable fibra metálica 4D será medida mediante cuatro dimensiones: características físicas, características de resistencia, dosificación de la fibras y metodología de diseño de concreto.

La variable comportamiento de resistencia, será medido mediante cuatro dimensiones: tenacidad, resistencia a la compresión, módulo de rotura y metodología de diseño para pavimentos rígidos.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 10
Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
Variable Independiente: Fibra metálica 4D 55/60	Las fibras metálicas son elementos artificiales que se pueden introducir en mezclas de hormigón como materiales de refuerzo para evitar grietas por contracción de fragua y cambios de temperatura, así mismo mejorar propiedades como impermeabilidad, resistencia al impacto, resistencia a la abrasión, resistencia a la flexión, resistencia al corte y durabilidad. (12)	La variable fibra metálica 4D será medida mediante cuatro dimensiones: características físicas, características de resistencia, dosificación de la fibras y metodología de diseño de concreto.	X.1. Características físicas	X.1.1. Ancho de diámetro	0.75 mm.
				X.1.2. Largo de la fibra	60 mm.
				X.1.3. Radio de esbeltez	L/D 855/60
				X.1.4. Número de anclajes	4 anclajes
			X.2. Características de resistencia	X.2.1. Fluencia	(450 Mpa - 900 MPa).
				X.2.2. Resistencia a la tracción	(450 Mpa - 900 MPa).
			X.3. Dosificación de las fibras	X.3.1. Kilogramos	kilogramos
			X.4. Metodología de diseño de concreto	X.4.1. Dosificación de materiales	ACI 211
Variable dependiente: Comportamiento de resistencia	La resistencia del concreto se define como la tensión máxima que puede soportar el material sin romperse. Dado que el objetivo principal del hormigón es resistir tensiones de compresión, se utiliza una medida de su resistencia a estas tensiones como indicador de calidad. (17)	La variable comportamiento de resistencia, será medido mediante cuatro dimensiones: tenacidad, resistencia a la compresión, módulo de rotura y metodología de diseño para pavimentos rígidos.	Y.1. Tenacidad	Y.1.1. Energía absorbida	joules
				Y.1.2. Deformación de pavimento	Liímite de diseño
			Y.2. Resistencia a la compresión	Y.2.1. Kilogramos/cm2	Mínimo 28 MPa
			Y.3. Módulo de rotura	Y.3.1. Kilogramos/cm2	Mínimo 3 MPa
			Y.4. Metodología de diseño para el pavimento rígido	Y.4.1. Parámetros de diseño de pavimento	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1.- Método de investigación

El método que se utilizará en la investigación es el método científico, el cual es el “conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis” (Arias, 2012).

Por lo tanto, el método científico ayudará en la investigación a formular el título, los problemas, los objetivos, las hipótesis, las variables, el marco teórico, el análisis de resultado, las conclusiones y recomendaciones.

3.2.- Tipo de investigación

La investigación aplicada se distingue por tener un propósito práctico directo para actuar, transformar, modificar o producir cambios en una realidad particular. (Carrasco, 2006)

Por tanto la investigación fue aplicada.

La investigación fue aplicada porque se tiene el interés de mejorar el comportamiento de la resistencia del pavimento rígido mediante el uso de la fibra metálica 4D en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas.

3.3.- Nivel de investigación

La investigación explicativa se centra en descubrir por qué ocurre un determinado fenómeno, así como determinar en qué condiciones ocurre, o por qué dos o más variables están relacionadas. (Valderrama, 2002)

Por tanto el nivel de investigación fue explicativa.

La investigación permitió establecer la relación causa efecto entre las variables: fibra metálica 4D y comportamiento de la resistencia en pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas.

3.4.- Diseño de investigación

El diseño de investigación experimental del tipo cuasiexperimental, son aquellos sujetos que no fueron asignados al azar como parte de los grupos control y experimental, ni fueron emparejados, porque los grupos de trabajo se formaron, existían antes del experimento. (Carrasco, 2006)

Por tanto el diseño utilizado fue experimental, del tipo cuasiexperimental.

En la investigación existe una manipulación intencional de la variable independiente (fibra metálica 4D) para analizar la consecuencia sobre la variable dependiente (comportamiento de la resistencia) en pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas.

3.5.- Población y muestra de la investigación

3.5.1.- Población

La población es “una colección de todos los elementos (unidades analíticas) pertenecientes al campo espacial donde se realiza el trabajo de investigación”. (Carrasco, 2006)

Por tanto, la población estuvo conformado por 4 muestras de concreto del pavimento con fibra 4D.

3.5.2.- Muestra

La muestra es la “proporción representativa de la población, utilizando varios métodos para calcular su tamaño, pero siempre teniendo en cuenta la representatividad de la población”. (Chenet, 2015)

Por tanto, la muestra en la investigación fue censal, es decir la muestra es igual a la población, la cual estuvo conformado por 4 muestras de concreto del pavimento con fibra 4D.

3.6.- Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1.- Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección son procedimientos o formas particular de obtener datos o información. (Arias, 2012)

Por tanto, las técnicas de recolección de datos que se uso fue la observación y la documentación.

3.6.2.- Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son recursos, dispositivos o formatos (en papel o digital), que se utilizan para obtener, registrar o almacenar información. (Arias, 2012)

Por tanto, los instrumentos de recolección de datos fue la documentación y resultados de ensayos de laboratorio.

3.7.- Procesamiento de la información

El procesamiento de información es “la manera como se recopila la información y procesa dicha información, recopilada del estudio de campo”. (Sánchez, y otros, 2015)

Por tanto, al procesamiento de información se realizó en función a pruebas de laboratorio, para lo cual se diseñó la mezcla del con fibras de acero 4D añadidas según el diseño de mezcla especificado.

El procedimiento de elaboración de pruebas de laboratorio para el diseño de mezcla de concreto con fibras de acero 4D añadidas puede variar dependiendo del diseño específico y las normas y especificaciones de la industria. Sin embargo, en general, el proceso podría incluir los siguientes pasos:

- *Diseño de la mezcla:* Se especifica la cantidad de cemento, agua, agregado fino y grueso, y fibras de acero 4D añadidas para la mezcla.
- *Preparación de los materiales:* Se preparan y seleccionan los materiales, como el cemento, el agua, los agregados finos y gruesos, y las fibras de acero 4D, de acuerdo con las especificaciones de la mezcla.
- *Mezcla:* Se mezclan los materiales en una mezcladora de concreto para obtener una mezcla homogénea.

- *Pruebas de laboratorio:* Se realizan pruebas en la mezcla para medir su resistencia, durabilidad, flexibilidad, y otros parámetros importantes. Estas pruebas pueden incluir pruebas de compresión, flexión, módulo de elasticidad, etc.
- *Análisis de los resultados:* Se analizan los resultados de las pruebas de laboratorio para determinar si la mezcla cumple con las especificaciones y si es adecuada para su uso en la construcción.
- *Ajuste de la mezcla:* Si los resultados no cumplen con las especificaciones, se deben realizar ajustes en la mezcla y volver a realizar las pruebas de laboratorio hasta obtener una mezcla que cumpla con las especificaciones.

3.8.- Técnicas y análisis de datos

Las técnicas para la interpretación de información permiten ordenar la información en tablas que posteriormente permitirá su debida interpretación, para ello se hará uso de la estadística descriptiva e inferencial. (Silva, y otros, 2006)

Después de realizado la recolección de datos mediante el análisis documental y la observación, se procedió al análisis de los datos, haciendo uso de programa de computadora que permita procesar la información obtenida en campo respecto a la fibra 4D y el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del distrito de Andahuaylas. Para lo cual se utilizó la estadística descriptiva el cual permitió el análisis, resumen y la presentación de los resultados relacionados con un conjunto de datos derivados de una muestra. De igual forma se utilizó la estadística inferencial que permitió la prueba de hipótesis general y específica.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1.- Presentación de resultados

Las pruebas del concreto fueron elaboradas en la Ciudad de Talavera en la provincia de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac, y las características de los agregados fueron hechas en el laboratorio en la ciudad de Talavera.

Cálculo de los materiales

Cálculo de los materiales empieza con el cemento siguiendo las recomendaciones del código ACI 221, en donde se establece una relación directa entre la resistencia a compresión y la relación agua cemento, de esta forma diremos que a pesar que la relación agua cemento no es un material es el primer factor que se debe calcular, este indicador es la base para el cálculo del agua y del cemento por tanto empezaremos sabiendo que hay un cálculo $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y esto sale de lo especificado de la E. 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

f_c : Resistencia a compresión en kg/cm^2

f_{cr} : Resistencia a compresión requerida en kg/cm^2

$$f_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = (280 + 70) \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

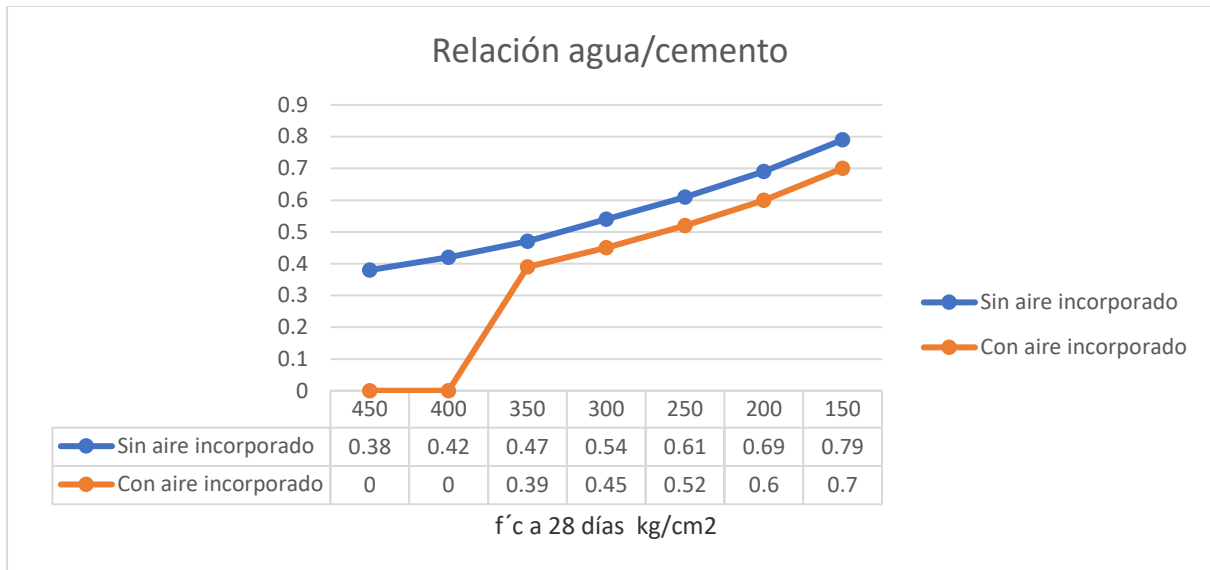
De los resultados mostrados en la tabla 11, podemos apreciar que la relación agua/cemento sin aire incorporado para un $f'c$ a 28 días con 450 kg/cm² es 0.38, 400 kg/cm² es 0.42, 350 kg/cm² es 0.47, 300 kg/cm² es 0.54, 250 kg/cm² es 0.61, 200 kg/cm² es 0.69 y 150 kg/cm² es 0.79; así mismo la relación agua/cemento con aire incorporado para un $f'c$ a 28 días con 450 kg/cm² es 0, 400 kg/cm² es 0, 350 kg/cm² es 0.39, 300 kg/cm² es 0.45, 250 kg/cm² es de 0.52, 200 kg/cm² es 0.6 y 150 kg/cm² es de 0.7.

Tabla 11
Relación agua - cemento

F'c a 28 días (kg/cm ²)	Relación agua / cemento en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

Fuente: Elaboración propia

Figura 18
Comparación de la relación agua/cemento



Fuente: Elaboración propia

En los resultados tabla 12, la relación agua cemento máximo es de 0.47, en el cálculo consideraremos esta como una relación/agua cemento máxima pues la incorporación de aditivo plastificante facilita que podamos usar relaciones agua/cementos menores y así incrementar resistencia usando menos cemento.

Así mismo la cantidad de agua que se usara está relacionada al slump, permitiendo evaluar el asentamiento en función del tamaño nominal del agregado.

Tabla 12
Relación asentamiento – tamaño máximo nominal de agregado

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Elaboración propia

Para slump de 3 a 4 pulgadas se necesita aproximadamente 185 litros de agua comprobado en laboratorio, pero teóricamente es 181 litros, lo aproximado que esta la realidad de la teoría hace aceptar este dato.

El cálculo del cemento es de la siguiente forma:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.49 = \frac{185}{\text{cemento}}$$

$$\text{cemento} = \frac{185}{0.49}$$

$$\text{cemento} = 378$$

Dado los resultados tabla 13, el aire atrapado del concreto de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado es de 1%.

Tabla 13
% de aire

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla 14, la conformación de los materiales calculados donde se tiene 377 kg en cemento, 185 kg en agua y 1% en aire.

Tabla 14
Cantidades de materiales de cálculo

Cemento	Agua	Aire
378 kg	185 kg	1%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se muestra los resultados del cálculo de los agregados, donde tenemos los agregados finos cuyo peso específico es 2.48 kg/m³, peso seco unitario compactado es 1749 kg/m³, peso seco unitario suelto es 1701 kg/m³, absorción 3%, humedad 3.5% y módulo de fineza 3.69, así mismo tenemos los agregados gruesos cuyo tamaño máximo nominal es 1 1/2", peso específico es 2.69 kg/m³, peso seco unitario compactado es 1602 kg/m³, peso seco unitario suelto es 1438 kg/m³, absorción 0.3%, humedad 0.5% y módulo de fineza 7.4.

Tabla 15
Cálculo de agregados

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$
AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
COMITÉ 211 - MÓDULO DE FINEZA

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN EL JIRON AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA – PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURIMAC

$$r_f = \frac{m_g - m}{m_g - m_f} \times 100$$

FECHA DE DISEÑO: 11-Sep-20

DATOS		
Concreto sin aire incorporado		
$f'c$	280	kg/cm ²
Factor de seguridad	70	kg/cm ²
$f'cr$ (diseño)	350	kg/cm ²

Cemento Portland		
TIPO I	SOL	
Peso específico	3.15	
Agregado Fino		
Peso específico	2.48	kg/m ³
Peso Seco Unitario Compactado	1749	kg/m ³
Peso Seco Unitario Suelto	1701	kg/m ³
Absorción	3.00	%
Humedad	3.50	%
Módulo de Fineza	3.69	

Agregado Grueso		
Tam Max Nominal	11/2"	pul
Peso Especifico	2.69	kg/m ³
Peso Unitario seco Compactado	1602	kg/m ³
Peso unitario seco suelto	1438	kg/m ³
Absorción	0.3	%
Humedad	0.5	%
Módulo de fineza	7.4	

PROCESAMIENTO		
Asentamiento	4	Pulg
Volumen unitario de agua	185	Lt/m ³
Contenido de aire	1	%
Relacion a/c Resistencia / Durabilidad	0.49	0.49
Factor de cemento	378	Kg/m ³
Bolsas por m ³ según diseño	8.9	bolsas

VOLÚMENES ABSOLUTOS		
Cemento	0.120	m ³
Agua	0.185	m ³
Aire	0.01	m ³
Vol. Absoluto de pasta	0.315	m ³

VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO		
Volumen Absoluto de agregados	0.685	m ³

CALCULO DEL MODULO DE FINEZA		
Modulo de fineza m _f	5.79	Tabla
Calculo de valor de r _f	43.4	

VOLUMENES ABSOLUTOS DEL AGREGADO		
Agregado fino	0.2973	m ³
Agregado grueso	0.388	m ³

PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	737	kg/m ³
Agregado grueso	1043	kg/m ³

VALORES DE DISEÑO		
Cemento	378	kg/m ³
Agua	185	Lt/m ³
Agregado fino seco	737	kgm ³
Agregado grueso seco	1043	kg/m ³

CORRECCIÓN POR HUMEDAD		
Agregado fino húmedo	763	Kg/m ³
Agregado grueso húmedo	1048	Kg/m ³

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	0.5	%
Agregado grueso seco	0.2	%

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	4	Lt/m ³
Agregado greso seco	2	Lt/m ³
Aporte de humedad	6	Lt/m ³
Agua efectiva	179	Lt/m³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD		
Cemento	378	kg/m ³
Agua efectiva	179	Lt/m ³
Agregado fino húmedo	763	kg/m ³
Agregado grueso húmedo	1048	kg/m ³

RESULTADOS FINALES									
PROPORCIONES EN PESO									
378	763	1048	179			Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua/bis
378	378	378	378			1.00	2.02	2.78	20.18

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de resistencias a compresión del concreto según las muestras de cilindros de concreto fueron hechos siguiendo la norma técnica peruana 339.033 y norma ASTM C 31, para luego ser ensayadas en una prensa de compresión que debe cumplir los requisitos de la norma técnica peruana 339.034 o norma ASTM C 39, hechas y el requerimiento del proyecto que es de $f'c$: 280 kg/cm²

Figura 19
Resistencia a la compresión



Fuente: Propia

En los resultados de la tabla 16 se tiene qué para un concreto de $f'c$ 280 kg/cm² a los 28 días se obtuvo el siguiente resultado: A/C:0.32 - 1.5% se obtuvo una resistencia promedio a los 3 días, 7 días y 28 días de 342 kg/cm², 490 kg/cm² y 536 kg/cm² respectivamente; A/C:0.36 - 1.0% se obtuvo una resistencia promedio a los 3 días, 7 días y 28 días de 324 kg/cm², 378 kg/cm² y 434 kg/cm² respectivamente; A/C:0.38 - 0.8% se obtuvo una resistencia promedio a los 3 días, 7 días y 28 días de 242 kg/cm², 288 kg/cm² y 378 kg/cm² respectivamente; A/C:0.49 - 0.6% se obtuvo una resistencia promedio a los 3 días, 7 días y 28 días de 194 kg/cm², 231 kg/cm² y 342 kg/cm² respectivamente

Tabla 16

Prueba de calidad del concreto

CERTIFICADO DE CALIDAD CONCRETO										Fecha: 01/10/2020		
ENSAYO A COMPRESION SIMPLE										Revisión: 01		
NORMA ASTM C - 39										Pagina: 1 de 1		
OBRA :		Calle Ayacucho								FECHA :		01/10/2020
MATERIAL:		Concreto f'c: 280 kg/cm ²										
UBICACIÓN:		Talavera - Andahuaylas										
Nº	Procedencia	F _c (Mpa)	Código	Fecha		Edad (horas)	Diam. (cm)	Área cm ²	Carga (Kgf)	Resist. (kg/cm ²)	Resist. Prom. (kg/cm ²)	
				Vaciado	Rotura							
1	SUPERPLASTIFICANTE PRODAC	28	(A/C:0.32)-1.5%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.14	180.03	62650	348	342	
2		03/10/2020		06/10/2020	15.13		179.79	60410	336			
3		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.14	180.03	89294	496	490	
4		28					03/10/2020	10/10/2020	15.14	180.03		86954
5		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.12	179.55	94445	526	536	
6		28					03/10/2020	31/10/2020	15.11	179.32		97727
7		28	(A/C:0.36)-1.0%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.12	179.55	57637	321	324	
8		28					03/10/2020	06/10/2020	15.15	180.27		58767
9		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.14	180.03	66071	367	378	
10		28					03/10/2020	10/10/2020	15.13	179.79		69939
11		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.11	179.32	75851	423	434	
12		28					03/10/2020	31/10/2020	15.15	180.27		80219
13		28	(A/C:0.38)-0.8%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.12	179.55	44350	247	242	
14		28					03/10/2020	06/10/2020	15.13	179.79		42611
15		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.13	179.79	50701	282	288	
16		28					03/10/2020	10/10/2020	15.13	179.79		52859
17		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.15	180.27	68682	381	378	
18		28					03/10/2020	31/10/2020	15.11	179.32		67244
19		28	(A/C:0.49)-0.6%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.14	180.03	34746	193	194	
20		28					03/10/2020	06/10/2020	15.13	179.79		35059
21		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.16	180.51	41877	232	231	
22		28					03/10/2020	10/10/2020	15.11	179.32		41063
23		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.13	179.79	60949	339	342	
24		28					03/10/2020	31/10/2020	15.12	179.55		61946

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los ensayos confirman que la relación agua cemento de 0.49 es la más idónea para el proyecto, esto usando el criterio de la E 060 del Reglamento Nacional de Edificaciones llegamos a esta conclusión, pero en paralelo a las pruebas de resistencia una vez definido el diseño de mezcla se realizó los ensayos para llegar al Módulo de rotura y esfuerzo residual a través de la norma ASTM C 1609.

Figura 20

Resultados de resistencia a flexión



Fuente: Propia

En la tabla 17 se muestra el resultado del diseño de la mezcla de concreto + 0 kg por metro cubico de concreto donde en un inicio se tiene 0 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; refuerzo máximo de 0.06 mm de deformación y 2.81 Mpa de esfuerzo; residual a L/600 con 0.83 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; residual a 2mm de 2 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; y residual a L/150 de 3 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo.

Tabla 17

Diseño de mezcla de concreto + 0 kg de fibra

Diseño de mezcla de concreto + 0 kg de fibra por metro cúbico de concreto		
Descripción	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)
Inicio	0	0
Esfuerzo máximo	0.06	2.81
Residual a L/600	0.83	0
Residual a 2mm	2	0
Residual a L/ 150	3	0

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 18 se muestra el resultado del diseño de la mezcla de concreto + 15 kg por metro cubico de concreto donde en un inicio se tiene 0 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; refuerzo máximo de 0.05 mm de deformación y 2.92 Mpa de esfuerzo; residual a L/600 con 0.83 mm de deformación y 1.68 Mpa de esfuerzo; residual a 2mm de 2 mm de deformación y 1.34 Mpa de esfuerzo; y residual a L/150 de 3 mm de deformación y 0.88 Mpa de esfuerzo.

Tabla 18

Diseño de mezcla de concreto + 15 kg de fibra

Diseño de mezcla de concreto + 15 kg de fibra por metro cúbico de concreto		
Descripción	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)
Inicio	0	0
Esfuerzo máximo	0.05	2.92
Residual a L/600	0.83	1.68

Residual a 2mm	2	1.34
Residual a L/ 150	3	0.88

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 19 se muestra el resultado del diseño de la mezcla de concreto + 20 kg por metro cubico de concreto donde en un inicio se tiene 0 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; refuerzo máximo de 0.07 mm de deformación y 4.32 Mpa de esfuerzo; residual a L/600 con 0.83 mm de deformación y 2.37 Mpa de esfuerzo; residual a 2mm de 2 mm de deformación y 2.45 Mpa de esfuerzo; y residual a L/150 de 3 mm de deformación y 2.02 Mpa de esfuerzo.

Tabla 19

Diseño de mezcla de concreto + 20 kg de fibra

Diseño de mezcla de concreto + 20 kg de fibra por metro cúbico de concreto		
Descripción	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)
Inicio	0	0
Esfuerzo máximo	0.07	4.32
Residual a L/600	0.83	2.37
Residual a 2mm	2	2.45
Residual a L/ 150	3	2.02

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 20 se muestra el resultado del diseño de la mezcla de concreto + 25 kg por metro cubico de concreto donde en un inicio se tiene 0 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; refuerzo máximo de 0.08 mm de deformación y 2.97 Mpa de esfuerzo; residual a L/600 con 0.83 mm de deformación y 1.63 Mpa de esfuerzo; residual a 2mm de 2 mm de deformación y 1.34 Mpa de esfuerzo; y residual a L/150 de 3 mm de deformación y 1.21 Mpa de esfuerzo.

Tabla 20

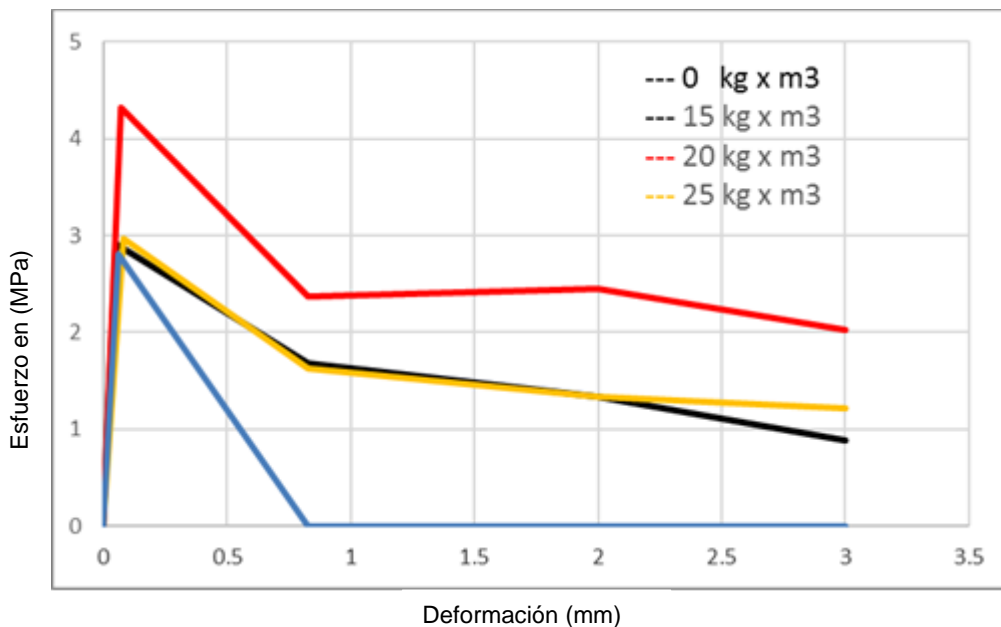
Diseño de mezcla de concreto + 25 kg de fibra

Diseño de mezcla de concreto + 25 kg de fibra por metro cúbico de concreto		
Descripción	Deformación (mm)	Esfuerzo (MPa)
Inicio	0	0
Esfuerzo máximo	0.08	2.97
Residual a L/600	0.83	1.63
Residual a 2mm	2	1.34
Residual a L/ 150	3	1.21

Fuente: Elaboración Propia

Figura 21

Resistencia del modulo de rotura

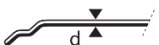

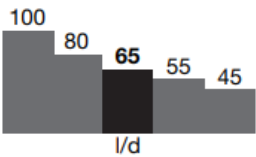



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados de los módulos de rotura mejoraron con la incorporación de fibras metálicas 4D y además se ven mejoras significativas cuando se incorpora 20 kg x m³ de concreto y a comparación de un concreto sin fibra, hay una resistencia residual en los concretos con fibra metálica 4D, esto hace que el pavimento una vez alcance la resistencia máxima aun tenga una resistencia a cargas pero esta acompañada con

desformaciones del pavimento de concreto, las mismas que son controladas gracias a la fibra metalica 4D.

Las características de la fibra de 4D utilizadas son las siguientes:

Ancho de diámetro	Largo de la fibra	Ratio de esbeltez	Número de anclajes
0,9 mm 	60 mm 	 l/d	

Así mismo la fluencia y resistencia a la tracción fueron:

Fluencia	Resistencia a la tracción
200.000 (N/mm ²)	1.600 (N/mm ²)

La dosificación de la fibra fue:

Kilogramo
20 kg/m ³

Por otro lado, la dosificación fue:

Dosificación de los materiales (kg.)				
Cemento: 378	Agua: 185	Agregado fino: 737	Agregado grueso: 1043	Aditivo plastificante: 2.26

Así la tenacidad fue:

Tenacidad	
Energía absorbida: Mayor a 500 joule	Deformación promedio de : 1.182mm

La resistencia a la compresión final fue:

Resistencia a compresión
342 kg/cm ²

El módulo de rotura fue:

Módulo de rotura
43 kg/cm ²

Los resultados de la metodología de diseño para el pavimento rígido fueron:

Metodología de diseño para el pavimento rígido		
F´c: 280 kg/cm ²	28.1 kg/cm ²	Espesor pavimento: 20 cm

Determinación de la correlación entre las variables de Fibra 4D y comportamiento de resistencia:

Esta prueba de relación se realizó estadísticamente calculando el coeficiente de relación de Pearson, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 21
Cálculo del P-valor de correlación de Pearson

		Comp_rest	Fibra 4D
Comp_rest	Correlación de Pearson	1	,999**
	Sig. (bilateral)		,001
	N	4	4
Fibra 4D	Correlación de Pearson	,999**	1
	Sig. (bilateral)	,001	
	N	4	4

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Datos del investigador

En la tabla 21 se puede comprobar que el p_valor tuvo como resultado 0.001 y el R de Pearson obtuvo un valor de 0,999321 \approx 99,9321% por tanto con una probabilidad de error 0,000679 \approx 0,0679 % existe correlación entre la fibra metálica 4D y el comportamiento de resistencia del pavimento rígido, por tanto se puede afirmar que existe una alta correlación entre las variables de estudio ($r = 99,9321\%$)

4.2.- Prueba y contrastación de hipótesis específicas

A.- Hipótesis específica 1

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “La fibra metálica 4D influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas”, la existencia de un modelo global de regresión lineal múltiple, debe demostrarse que:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Fibra metálica 4D

X: Tenacidad

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

H0: La fibra metálica 4D NO influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: La fibra metálica 4D SI influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Establecer el grado de error que aceptará la investigación

$\alpha = 0,05$

Paso 03: Selección de estadístico de prueba.

Se utilizará la regresión múltiple fue la F de Fisher.

Paso 04: Cálculo del P-valor (valor de significancia)

Tabla 22
Cálculo del P-valor según la dimensión tenacidad

		ANOVA ^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	63,888	1	63,888	206,341	,050 ^b
	Residuo	,619	2	,310		
	Total	64,507	3			

a. Variable dependiente: tenacidad

b. Predictores: (Constante), Fibra_4D

Fuente: Datos del investigador

Tabla 23
Coeficientes de contrastación de hipótesis 1

Coeficientes					
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	10,923	1,492	7,319	,020
	Fibra_4D	,647	,045	,995	,050

a. Variable dependiente: tenacidad

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por lo tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, entonces rechace la hipótesis nula (H_0) y acepte la hipótesis del investigador (H_1).

De la tabla 24 podemos observar que el p – valor es 0.05, el cual es igual a α , entonces se acepta la hipótesis nula, por lo tanto podemos afirmar que: La fibra metálica 4D influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

B.- Hipótesis específica 2

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “La fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas”, para probar la existencia de un modelo global de regresión lineal múltiple, debe demostrarse que:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Fibra metálica 4D

X: Resistencia a la compresión

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

H0: La fibra metálica 4D NO mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: La fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Establecer el grado de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Selección de estadístico de prueba.

Se utilizará la regresión múltiple fue la F de Fisher.

Paso 04: Calculo del P-valor (valor de significancia)

Tabla 24

Cálculo del P-valor según la dimensión resistencia a la compresión

		ANOVA ^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7378,390	1	7378,390	4,075	,050 ^b
	Residuo	3621,610	2	1810,805		
	Total	11000,000	3			

a. Variable dependiente: res_comp

b. Predictores: (Constante), Fibra_4D

Fuente: Datos del investigador

Tabla 25
Coeficientes de contrastación de hipótesis 2

Modelo	Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	
	B	Desv. Error	Beta			
1	(Constante)	76,359	114,139		,669	,050
	Fibra_4D	6,954	3,445	,819	2,019	,050

a. Variable dependiente: res_comp

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por lo tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, entonces rechace la hipótesis nula (H_0) y acepte la hipótesis del investigador (H_1).

De la tabla 26 podemos observar que el p – valor es 0.050, el cual es igual a α , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto podemos afirmar que: La fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

C.- Hipótesis específica 3

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “La fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas”, para probar la existencia de un modelo global de regresión lineal múltiple, debe demostrarse que:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Fibra metálica 4D

X: Módulo de rotura

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

H0: La fibra metálica 4D NO mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: La fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Establecer el grado de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Selección de estadístico de prueba.

Se utilizará la regresión múltiple fue la F de Fisher.

Paso 04: Calculo del P-valor (valor de significancia)

Tabla 26

Cálculo del P-valor según la dimensión módulo de rotura

		ANOVA^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	2,112	1	2,112	21,969	,043 ^b
	Residuo	,192	2	,096		
	Total	2,304	3			

a. Variable dependiente: mod_rot

b. Predictores: (Constante), Fibra_4D

Fuente: Datos del investigador

Tabla 27

Coeficientes de contrastación de hipótesis 3

Modelo	Coeficientes ^a				
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	3,283	,832	3,947	,059
	Fibra_4D	,118	,025	,957	,043

a. Variable dependiente: mod_rot

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por lo tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, entonces rechace la hipótesis nula (H_0) y acepte la hipótesis del investigador (H_1).

De la tabla 28 podemos observar que el p – valor es 0.043, el cual es menor a α , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto podemos afirmar que: La fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

D.- Hipótesis específica 4

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “La incorporación de la fibra metálica 4D varia la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas”, para probar la existencia de un modelo global de regresión lineal múltiple, debe demostrarse que:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Fibra metálica 4D

X: Metodología de diseño para el pavimento rígido

 β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

H0: La incorporación de la fibra metálica 4D NO varia la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: La incorporación de la fibra metálica 4D varia la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Establecer el grado de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Selección de estadístico de prueba.

Se utilizará la regresión múltiple fue la F de Fisher.

Paso 04: Calculo del P-valor (valor de significancia)

Tabla 28

Cálculo del P-valor según la dimensión control

		ANOVA^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	3,815	1	3,815	3,989	,049 ^b
	Residuo	1,913	2	,956		
	Total	5,728	3			

a. Variable dependiente: met_dis

b. Predictores: (Constante), Fibra_4D

Fuente: Datos del investigador

Tabla 29
Coeficientes de contrastación de hipótesis 4

Modelo	Coeficientes ^a					
		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
		B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constante)	,322	2,623		,123	,049
	Fibra_4D	,158	,079	,816	1,997	,050

a. Variable dependiente: met_dis

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por lo tanto, si el p-valor es menor o igual a $\alpha=0.05$, entonces rechace la hipótesis nula (H0) y acepte la hipótesis del investigador (H1).

De la tabla 30 podemos observar que el p – valor es 0.049, el cual es menor a α , entonces se aprueba la hipótesis nula, por lo tanto podemos afirmar que: La incorporación de la fibra metálica 4D varia la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

4.3.- Prueba y contrastación de hipótesis general

Teniendo en cuenta la hipótesis general donde se afirma: “La fibra metálica 4D influye significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas”, para probar la existencia de un modelo global de regresión lineal múltiple, debe demostrarse que:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Donde:

Y: Fibra metálica 4D

X: Comportamiento de resistencia del pavimento

β_0 y β_1 : Coeficiente de regresión múltiple

La estimación de la ecuación de regresión de población viene dada por la ecuación de regresión lineal múltiple de muestra.

Paso 01: Planteamiento de la hipótesis de investigación

H0: La fibra metálica 4D NO influye significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H0: $\beta_0 = \beta_1 = 0$ (No existe regresión)

H1: La fibra metálica 4D SI influye significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

H1: Al menos un $\beta_0, \beta_1, \neq 0$ (Si existe regresión)

Paso 02: Establecer el grado de error que aceptará la investigación

$\alpha=0,05$

Paso 03: Selección de estadístico de prueba.

Se utilizará la regresión múltiple fue la F de Fisher.

Paso 04: Calculo del P-valor (valor de significancia)

Tabla 30
Cálculo del P-valor según variable dependiente

		ANOVA ^a				
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	18571,796	1	18571,796	12,794	,050 ^b
	Residuo	2903,204	2	1451,602		
	Total	21475,000	3			

a. Variable dependiente: COMP_DE_RES

b. Predictores: (Constante), Fibra_4D

Fuente: Datos del investigador

Tabla 31

Coeficientes contrastación de hipótesis general

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	(Constante)	63,377	102,193		,620	,050
	Fibra_4D	11,033	3,085	,930	3,577	,050

a. Variable dependiente: COMP_DE_RES

Fuente: Datos del investigador

Paso 05: Decisión estadística.

Por tanto si se cumple que el p – valor es menor o igual a $\alpha=0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis del investigador (H1).

De la tabla 22 podemos observar que el p – valor es 0.05, el cual es igual a α , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, podemos afirmar que: La fibra metálica 4D influye significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1.- Discusión de resultado general

En esta investigación al determinar la influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, se pudo encontrar que existe influencia porque en la prueba de regresión se obtuvo un valor de sig. = 0,050, el cual es igual al grado de aceptada por la investigación $\alpha=0,05$; por lo tanto es adecuado afirmar que la fibra metálica 4D influye en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. Estos resultados son corroborados por Gonzales (2018), Montalvo (2015) y Chanca et al. (2013) quienes en llegaron a concluir que la fibra metálica 4D permite un control de fisuras, evitando que el concreto se separe una vez ocurrida la falla y eliminando la propagación de la fisura, así mismo permite el ahorro en costo y mejora la resistencia de flexión del concreto. Por tanto, en función de la conclusión expuesta anteriormente y los resultados obtenidos en esta investigación, se logró obtener los requisitos del proyecto, tanto en resistencia a compresión como en módulo de rotura, las características propias del concreto con la fibra metálica permiten un control de fallas, lo que permite afirmar que el concreto con fibras

metálicas 4D mejoran significativamente el comportamiento de resistencia del pavimento rígido.

5.2.- Discusión de resultado específicos

- En esta investigación al determinar la influencia de la metálica 4D en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, se pudo encontrar que existe influencia porque en la prueba de regresión se obtuvo un valor de sig. = 0,050, el cual es igual al grado de aceptada por la investigación $\alpha=0,05$; por lo tanto es adecuado afirmar que la fibra metálica 4D influye en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. Este resultado es corroborado por Cacoango et al. (2019), quien concluye que el desempeño de las fibras respecto a su tenacidad se debe a su capacidad de resistir carga y su capacidad de deformarse, esto se debe al comportamiento carga/deflexión de una probeta de concreto reforzada con fibra. Por tanto la relación de asentamiento y tamaño máximo nominal de agregado, podemos apreciar que para un asentamiento de 3" a 4", con un tamaño máximo nominal del agregado de 1 1/2" y un concreto sin aire incorporado se logró 181 litros teóricos, si bien el proyecto necesitaba de 185 litros en laboratorio, el valor hallado es válido por ser una valor teórico aproximado a la realidad aceptando este valor, caso contrario no se estaría cumpliendo con las especificaciones técnicas exigidas respecto a asentamiento y tamaño nominal de los agregados.
- En esta investigación al evaluar los efectos de la fibra metálica 4D en la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, se pudo encontrar que existe influencia porque en la prueba de regresión se obtuvo un valor de sig. = 0,050, el cual es igual al grado

de aceptada por la investigación $\alpha=0,05$; por lo tanto es adecuado afirmar que la fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. Estos resultados son corroborados por Reyes (2016), Cáceres et al. (2017) y Miranda et al. (2019) quienes concluyen que el desempeño de las fibras es controlado y evita un decaimiento de resistencia residual, así como de sus características físicas debido a que tienen la capacidad de absorción de energía, y se utiliza para caracterizar las posibilidades que posee el hormigón reforzado con fibras de resistencia a la fractura, cuando éste está sujeto a cargas estáticas, dinámicas y de impacto. Por tanto el % de aire de la mezcla, para un tamaño máximo nominal del agregado de 1 1/2" en la mezcla de concreto se obtuvo un % de aire atrapado, así mismo las características propias de la fibra 4D permiten el cálculo de la capacidad de absorción de energía del elemento hasta una deflexión específica, cumpliendo así con los requerimientos establecidos por el proyecto.

- En esta investigación al determinar en qué medida favorece la fibra metálica 4D en el módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, se pudo encontrar que existe influencia porque en la prueba de regresión se obtuvo un valor de sig. = 0,043, el cual es menor al grado de aceptada por la investigación $\alpha=0,05$; por lo tanto es adecuado afirmar que la fibra metálica 4D influye en el módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. Estos resultados son corroborados por Ccopa et al. (2018) y Aguilar et al. (2018) quienes concluyen que la flexión como esfuerzo máximo en la fibra 4D cuando se produce el fallo, es favorable debido a que estos tienen un incremento en la resistencia de las

propiedades mecánicas. Por tanto en los resultados obtenidos en las pruebas de ensayo de compresión simple utilizando superplastificante PRODAC se mejoró las propiedades mecánicas del concreto llegando a una resistencia de promedio (kg/cm²) de 536 a los 28 días.

- En esta investigación al determinar la influencia la fibra metálica 4D en la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas, se pudo encontrar que existe influencia porque en la prueba de regresión se obtuvo un valor de sig. = 0,049, el cual es menor al grado de aceptada por la investigación $\alpha=0,05$; por lo tanto es adecuado afirmar que la fibra metálica 4D influye fibra metálica 4D en la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas. Este resultado es corroborado por Carrera et al. (2018) el diseño de mezcla del concreto usando la fibra 4D mejora la resistencia máxima a la tracción por flexión, así mismo su capacidad residual mejora significativamente. Por tanto según los resultados obtenidos del diseño de mezcla de concreto adicionando cantidades de fibra 4D por metro cúbico de concreto se pudo corroborar que la resistencia mejora progresivamente, agregando. Sin embargo, es necesario el uso de 20 kg de fibra metálica 4D para lograr con el diseño óptimo de resistencia a compresión con un módulo de rotura de 40 kg/cm³, con esta cantidad se obtiene 0 mm de deformación y 0 Mpa de esfuerzo; refuerzo máximo de 0.07 mm de deformación y 4.32 Mpa de esfuerzo; residual a L/600 con 0.83 mm de deformación y 2.37 Mpa de esfuerzo; residual a 2mm de 2 mm de deformación y 2.45 Mpa de esfuerzo; y residual a L/150 de 3 mm de deformación y 2.02 Mpa de esfuerzo.

CONCLUSIONES

1. Los resultados de los ensayos para determinar la influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de la resistencia, se pudo comprobar que la compresión de los cilindros de concreto arrojó que la relación agua cemento del diseño de mezcla para este tipo de concreto es de 0.49 y para alcanzar los requisitos de la especificación del proyecto en el módulo de rotura se necesitó 20 kg de fibra metálica 4D.
2. De los resultados obtenidos al determinar la influencia de la fibra metálica 4D en la tenacidad del pavimento rígido, se puede apreciar que la fibra metálica 4D le otorga al concreto una mejor propiedad de tenacidad a flexión, donde la energía absorbida fue mayor a 500 joule y una deformación promedio de 1.182 mm. Así mismo se obtuvo un valor de 0.05 de resultado en la prueba de hipótesis, lo que significa que fibra metálica 4D influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido.
3. La incorporación de fibra metálica 4D pavimento mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido permitiendo tener una capacidad para soportar una carga por unidad de área de 342 kg/cm², esto se debe a que la resistencia individual de los agregados, la pasta de cemento y la fibra 4D tiene una mayor adherencia, lo que produce que un mayor anclaje de la fibra al cemento. Así mismo se obtuvo un valor de 0.05 de resultado en la prueba de hipótesis, lo que significa que fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido.
4. La fibra metálica 4D favorece significativamente en los pavimentos rígidos tal como podemos verificar en el cálculo del módulo de rotura del concreto en donde se obtuvo un módulo de rotura mayor 40 kg/cm³ (43 kg/cm²), frente a

un 28.1 Kg/cm² de módulo de rotura del mismo diseño de mezcla, pero sin fibra, por tanto, en base a los ensayos y resultados se puede aseverar que el pavimento podrá resistir esfuerzos a flexión, impuestos por el paso de vehículos. Así mismo se obtuvo un valor de 0.043 de resultado en la prueba de hipótesis, lo que significa que fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido.

5. El diseño de mezcla demostró que, cuando se incorpora con la fibra 4D a la mezcla de concreto este no perdió su trabajabilidad y asentamiento no fue perjudicada, lo que significa que la descarga de la fibra en el punto de la estructura llegó al slump requerido es decir a 4". Así mismo se obtuvo un valor de 0.049 de resultado en la prueba de hipótesis, lo que significa que fibra metálica 4D varía la metodología de diseño para el pavimento rígido.

RECOMENDACIONES

1. Para obtener los resultados deseados es importante que, en el diseño de la mezcla, la dosificación de la fibra metálica 4D sea el adecuado, de tal forma que permita tener una relación agua cemento óptimo, porque son elementos de refuerzo que modifica sus propiedades mecánicas del pavimento, ya que una buena dosificación del mismo permitirá una mayor resistencia de cargas.
2. Como la fibra metálica 4D mejora las propiedades mecánicas de tenacidad del pavimento es importante que este sea evaluado mediante el ensayo de flexión el cual permitirá analizar su versatilidad y resistencia en función al aumento o disminución del volumen de la fibra y la medida de capacidad de absorción de energía sujeto a cargas estáticas y dinámicas a la cual está expuesta.
3. Para evaluar si la resistencia a la compresión ha mejorado en pavimento usando la fibra metálica 4D, es importante que los resultados de ensayos a compresión axial muestren resultados diferentes con cada porcentaje de fibra incorporado en una muestra patrón, esto permitirá evaluar si el porcentaje de resistencia disminuye o aumenta.
4. Al momento de usar la fibra metálica 4D siempre debe guiarse de los resultados de las pruebas de laboratorio, esto permitirá saber cuándo ocurre el módulo de rotura basado en el esfuerzo máximo que resiste el pavimento y el momento cuando se produce el fallo, permitiéndonos evaluar si se presenta un descenso o aumento de las misma.
5. Es importante que en el diseño de la mezcla del pavimento con fibra, se tome en cuenta la ductilidad y la resistencia a la posfisura del pavimento , para esto es importante tener presente la composición del pavimento, la longitud de la fibra y el rendimiento de la combinación equilibrada del diseño de anclaje para

que puedan cumplir con los requerimientos técnicos, en caso que no sean trabajables y no cumplan con las especificaciones es necesario aumentar el slump, adicionándole más cantidad de fibra 4D.

6. Se recomienda para futuras investigaciones comparar los resultados del concreto convencional con el concreto con adición de fibras metálicas 4D, que permitan evaluar costos o el diseño de un proceso constructivo usando este material las cuales permitan:
 - Establecer un enfoque experimental: Diseñar un programa experimental que permita comparar las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto convencional con el concreto con adición de fibras 4D. Se deben considerar diferentes tasas de dosificación de las fibras y diferentes proporciones de los materiales.
 - Diseño de procesos constructivos: Investigar cómo se pueden utilizar las fibras 4D en diferentes etapas del proceso constructivo, como la mezcla y vaciado, para obtener mejores resultados en las propiedades del concreto.
 - Evaluar el comportamiento a largo plazo: investigar la resistencia y durabilidad a largo plazo del concreto con adición de fibras 4D en comparación con el concreto convencional.
 - Realizar estudios de campo: Llevar a cabo estudios en proyectos reales para evaluar la efectividad del concreto con adición de fibras 4D en condiciones de campo y su aplicabilidad en la práctica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Aguilar, Huricayo Cristhian Bartho y Pilares, Vargas Alexander. 2018. *Análisis comparativo de las magnitudes de las propiedades mecánicas: resistencia a la compresión, módulo de elasticidad y resistencia a la flexión, de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con dosificación estándar, concreto reforzado con 20 kg/m^3 de fibras de ace*. Cusco : Universidad Andina del Cusco, 2018. 21.
- [2]. Arias, Fidas. 2012. *El proyecto de investigación - introducción a la metodología científica*. Caracas : Episteme, 2012. 20.
- [3]. ASTM. 2015. Especificación estándar para fibras de acero para hormigón reforzado con fibra. [En línea] ASTM A820, 2015. [Citado el: 22 de febrero de 2021.] Especificación estándar para fibras de acero para hormigón reforzado con fibra.
- [4]. Bekaert. 2021. Fibras de acero Dramix 4D para refuerzo de hormigón. [En línea] 18 de Febrero de 2021. [Citado el: 18 de Febrero de 2021.] <https://www.bekaert.com/es-MX/productos/construccion/refuerzo-de-hormigon/fibras-de-acero-dramix-4d-para-refuerzo-de-hormigon>. 50.
- [5].—. 2015. <https://www.bekaert.com/es-MX/productos/construccion/refuerzo-de-hormigon/fibras-de-acero-dramix-4d-para-refuerzo-de-hormigon>. México : s.n., 2015.
- [6]. Caceres, Salamanca Gustavo Alberty, Membreño, Castillo Yoni Antonio y Villatoro, Bolainez Jose Roberto. 2017. *Inclusion de fibras metalicas en pavimentos rigidos*. Salvador : Universidad de El Salvador, 2017. 17.

- [7]. Cacoango, Cando Guido Salomón y Millingalli, Vega María Sandra. 2019. *Eficiencia del Control de Fisuramiento por Contracción Plástica del Hormigón mediante el uso de Fibra de Acero 4D*. Ecuador : Universidad Central de Ecuador, 2019. 12.
- [8]. Carrasco, Díaz Sergio. 2006. *Metodología de la investigación científica*. Lima : San Marcos, 2006. 30.
- [9]. Carrera, Orbe Karen y Zea, La Rochelle Daniel. 2018. *Evaluación de las propiedades mecánicas de la mezcla de hormigón y fibras de acero dramix 3D en diferentes dosificaciones para la aplicación en pavimentos rígidos, utilizando cemento puzolánico he y agregados de la planta holcim pifo-quito*. Ecuador : Pontificia Universidad Católica de Ecuador, 2018. 15.
- [10]. Ccopa, Corimanya Rocio Margot y Soto, Mamani Erika Yessenia. 2018. *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra metálica*. Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2018. 20.
- [11]. Cemex. 2019. ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto? [En línea] Cemex, 05 de Abril de 2019. [Citado el: 25 de febrero de 2021.] [https://www.cemex.com.pe/-/-por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20\(psi\)..](https://www.cemex.com.pe/-/-por-que-se-determina-la-resistencia-a-la-compresion-en-el-concreto-#:~:text=La%20resistencia%20a%20la%20compresi%C3%B3n%20simple%20es%20la%20caracter%C3%ADstica%20mec%C3%A1nica,por%20pulgada%20cuadrada%20(psi)..)
- [12]. Chanca, Bendezu Clodoaldo y Paredes, Quispe Nicodemo. 2013. *Pavimentos de concreto reforzado con fibras metálicas, en los barrios Bellavista y Pueblo Nuevo del distrito de Lircay en el años 2012*. Huancavelica : Universidad Nacional de Huancavelica, 2013. 23.

- [13]. Chenet, Zuta Manuel Enrique. 2015. *Metodología de investigación en licenciatura*. Huancayo : Universidad Roosevelt, 2015. 23.
- [14]. Coria, Gutiérrez Carlos Adolfo, Hernández, Domínguez Roberto Israel y Garnica, Anguas Paul. 2018. *Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista*. México : Instituto Mexicano del Transporte, 2018.
- [15]. Crispín, Santos Daniel Gonzalo. 2019. *Análisis de pavimentos flexible reforzado con fibras de acero 4D mediante la metodología de desgaste*. Trujillo : Universidad Privada de Trujillo, 2019.
- [16]. *Efecto de la tenacidad del asfalto en la resistencia a fatiga de las mezclas asfálticas*. Noguera, Alfredo H. y Miro, Rodrigo. 2011. 2, México : Scielo, 2011, Vol. 26.
- [17]. Escobar, Callejas Piter Henry y Bilbao, Ramirez Jorge Luyis. 2020. *Investigación y educación superior*. EEUU : Universidad Metropolitana, 2020.
- [18]. Flor, Chávez Gino, y otros. 2016. *Determinación de cantidad óptima de Fibra de Acero para la elaboración de Hormigón de Cemento Portland para losas de Pavimentos Rígidos*. Guayaquil : Universidad de Guayaquil, 2016.
- [19]. Garnica, Anguas Paul, Gómez, López José Antonio y Sesma, Martínez Jesús Armando. 2002. *Mecánica de materiales para pavimentos*. México : Sanfandila, 2002.
- [20]. Gonzales, Carbajal Randy Franzuatt. 2018. *Diseño de Pavimento Rígido Fibroreforzado con Acero para el mejoramiento de la Av. Gambetta, Tramo Refinería Pampilla, Callao-2018*. Lima : Universidad César Vallejo, 2018. 19.

- [21]. Isla, Calderón Facundo Andrés. 2014. *Modelo para hormigones reforzados con fibra de acero*. Tucuman : Instituto de Estructuras “Ing. Arturo M. Guzmán”, 2014.
- [22]. Ministerio de transportes y comunicaciones. 2013. *Manual de carreteras, suelos, geología y pavimentos*. Lima : MTC, 2013.
- [23]. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2006. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima : RNE, 2006.
- [24]. Miranda, Centeno Cristian Arturo y Rado, Moreno Marco Eduardo. 2019. *Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac*. Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019. 18.
- [25]. Montalvo, Guevara Marco Eduardo. 2015. *Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales*. Lima : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 19.
- [26]. Montejo, Fonseca Alonso. 2002. *Ingeniería de pavimentos*. Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2002.
- [27]. Perrero, Joaquín, y otros. 2003. *Manual del Concreto*. Caracas : Sidetur, 2003.
- [28]. Pirizaca, Richard Quispe Ronny. 2015. *Comportamiento de al trabajabilidad y la resistencia ala compresión de un concreto de alta resistencia inicial por adición de polímeros superabsorbentes en la ciudad de Puno*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2015.
- [29]. PSI. 2020. Fibra de acero: guías de uso, tipos, recomendaciones características y . [En línea] Junio de 2020. [Citado el: 23 de Febrero de 2021.] <https://psiconcreto.com/fibra-de-acero/>.

- [30]. Reyes, Gonzales Italo Sebastián. 2016. *Caracterización del comportamiento de hormigones reforzados con fibras de acero tipo 3D, 4D y 5D, usando ensayo ASTM C1609*. VALPARAISO – CHILE : UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA, 2016. 20.
- [31]. Robles, Sáenz Randolp Julián y Carlos, Sanchez Medina Juan. 2015. *Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el Centro Poblado San Cristóbal de Chupán – Huaraz*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2015.
- [32]. Sánchez, H. y Reyes, C. 2015. *Metodología y diseños en la investigación científica*. s.l. : Spanish, 2015. 25.
- [33]. Silva, Arciniega María del Rosario y Brain, Calderón María Luisa. 2006. *Validez Y Confiabilidad Del Estudio Socioeconomico*. México : Universidad Autónoma de México, 2006. 26.
- [34]. Valderrama, Mendoza Santiago. 2002. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima : San Marcos, 2002. 40.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TITULO: INFLUENCIA DE FIBRA METÁLICA 4D EN EL COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>GENERAL: ¿De qué manera la fibra metálica 4D influye en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?</p>	<p>GENERAL: Determinar la influencia de la fibra metálica 4D en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas</p>	<p>GENERAL: La fibra metálica 4D influye significativamente en el comportamiento de resistencia del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE: Fibra metálica 4D</p>	<p>X.1. Características físicas</p>	<p>X.1.1. Ancho de diámetro X.1.2. Largo de la fibra X.1.3. Radio de esbeltez X.1.4. Número de anclajes</p>	<p>Métodos Universal: Científico Generales: Inductivo-Deductivo, Analítico-Sintético. Específicos: Descriptivo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo</p> <p>Diseño de investigación: Experimental – cuasiexperimental Población – Muestra: Población: 4 muestras de concreto del pavimento con fibra 4D. Muestra: 4 muestras de concreto del pavimento con fibra 4D. Técnicas e Instrumentos: Técnica: Observación y la documentación. Instrumentos: Fichas de observación. Análisis documentario.</p>
<p>ESPECÍFICOS: ¿Como la fibra metálica 4D influye en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?</p> <p>¿Qué efecto produce la fibra metálica 4D en la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?</p> <p>¿En qué medida la fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?</p> <p>¿De qué manera la incorporación de la fibra metálica 4D varía la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas?</p>	<p>ESPECÍFICOS: Determinar la influencia de la fibra metálica 4D en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.</p> <p>Evaluar los efectos de la fibra metálica 4D en la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.</p> <p>Comprobar los efectos de la fibra metálica 4D en la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.</p> <p>Establecer la variación de la incorporación de la fibra metálica 4D en la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas</p>	<p>ESPECÍFICOS: La fibra metálica 4D influye significativamente en la tenacidad del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas</p> <p>La fibra metálica 4D mejora la resistencia a la compresión del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas.</p> <p>La fibra metálica 4D mejora la resistencia del módulo de rotura del pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas</p> <p>La incorporación de la fibra metálica 4D varía la metodología de diseño para el pavimento rígido en el Jirón Ayacucho del Distrito de Andahuaylas</p>		<p>VARIABLE DEPENDIENTE: Comportamiento de resistencia</p>	<p>X.2. Características de resistencia</p> <p>X.3. Dosificación de las fibras</p> <p>X.4. Metodología de diseño de concreto</p> <p>Y.1. Tenacidad</p> <p>Y.2. Resistencia a la compresión</p> <p>Y.3. Módulo de rotura</p> <p>Y.4. Metodología de diseño para el pavimento rígido</p>	

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
VI	Fibra metálica 4D	Este tipo de fibra es una solución rentable para pavimentos de alta resistencia; alta resistencia a la fatiga optimizando costos de mantenimiento, alta resistencia al impacto manteniendo la superficie intacta y asegura una explotación continua con ductilidad mejorada. Menor deformación en caso de hundimiento de la subbase, control de grietas optimizado para una mayor duración. La resistencia a la tracción y el anclaje están diseñados para actuar sobre fisuras de entre 0,1 y 0,3 mm, permitiéndole crear estructuras duraderas y herméticas (sin fisuras).	La variable Fibra metálica 4D se medirá en base a 4 dimensiones: características físicas, características de re resistencia, dosificación de las fibras y metodología de diseño de concreto.	Características físicas	Ancho de diámetro
					Largo de la fibra
					Radio de esbeltez
					Número de anclajes
				Características de re resistencia	Fluencia
					Resistencia a la tracción
	Dosificación de las fibras	Kilogramos			
	Metodología de diseño de concreto	Dosificación de materiales			
VD	Comportamiento de resistencia	El comportamiento de la resistencia del concreto ha llevado a conocer día a día la naturaleza del concreto que es una masa endurecida que por su propia naturaleza es discontinua y heterogénea. Las propiedades de cualquier sistema heterogéneo dependen de las características físicas y químicas de los materiales que lo componen y de las interacciones entre ellos. Con base en lo anterior, la resistencia del concreto depende principalmente de la resistencia e interacción de sus fases constituyentes: 1) La resistencia de la pasta hidratada y endurecida (matriz). 2) La resistencia de las partículas del agregado. 3) La resistencia de la interfase matriz-agregado.	La variable Comportamiento de resistencia se medirá en base a 4 dimensiones: tenacidad, resistencia a la compresión, módulo de rotura y metodología de diseño para el pavimento rígido.	Tenacidad	Energía absorbida
					Deformación de pavimento
				Resistencia a la compresión	Kilogramos/cm2
				Módulo de rotura	Kilogramos/cm2
				Metodología de diseño para el pavimento rígido	Parámetros de diseño de pavimentos

Dimensiones citado de la variable

Anexo 3: Matriz de operacionalización del instrumento

Variables		Dimensiones	Indicadores	Rangos
VI	Fibra metálica 4D	Características físicas	Ancho de diámetro	0.90 mm.
			Largo de la fibra	60 mm.
			Radio de esbeltez	L/D 65/60
			Número de anclajes	4 anclajes
		Características de resistencia	Fluencia	200 (N/mm ²)
			Resistencia a la tracción	1.600 (N/mm ²)
		Dosificación de las fibras	Kilogramos	Min 15 kg
Metodología de diseño de concreto	Dosificación de materiales	Todo en kg.		
VD	Comportamiento de resistencia	Tenacidad	Energía absorbida	Joules
			Deformación de pavimento	Límite del diseño
		Resistencia a la compresión	Kilogramos/cm ²	Mínimo de 28 MPa
		Módulo de rotura	Kilogramos/cm ²	Mínimo 4.32 Mpa
		Metodología de diseño para el pavimento rígido	Parámetros de diseño de pavimentos	No Aplica



4D
Dramix®

65 / 60 BG

Esbitez

Longitud

Acero gris
(Bright)

Encolada
(Glued)




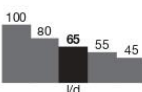
FICHA TÉCNICA

Características

Propiedades del material

Resistencia Nominal a la tracción: 1.600 (N/mm²)
 Módulo de Young: 200.000 (N/mm²)
 Deformación máxima en tracción: 0,8 %

Geometría

Gama de fibras **4D** 
 Longitud (l) 60 mm 
 Diámetro (d) 0,9 mm 
 Ratio de esbeltez (l/d) 65 

Mínima dosificación según EN 14889-1

15 kg/m³

Red de fibras

2.999 m³ por 15 kg/m³
 3.149 fibras/kg

Gama Dramix®

3D Aplicaciones estándar HRFA
 4D Elevado control en servicio
 5D Aplicaciones estructurales avanzadas

	5D	4D	3D
Resistencia a tracción	██████████	██████████	██████████
Ductilidad del alambre	██████████	██████████	██████████
Resistencia de anclaje	██████████	██████████	██████████

Certificados del producto *



* Los certificados del producto son específicos de las plantas de producción.

Conformidad del producto

Dramix® cumple con las normas técnicas ASTM ASTM A820, EN 14889-1 e ISO 13270 clase A.

Certificados del sistema



Todas las plantas industriales Dramix® cuentan con el certificado ISO 9001 e ISO 14001.

Embalaje



SACOS
10 / 20 kg



BIG BAG
800 - 1.100 kg

Manipulación



DRAMIX® 4D 65/60BG

Anclaje optimizado

Dramix® 4D proporciona un control óptimo de la fisuración en estructuras hiperestáticas estándar de hormigón sometidas a cargas estáticas regulares, de fatiga y a cargas dinámicas con altos requisitos en el estado de servicio.

Tecnología encolada para refuerzo tridimensional

Las fibras de acero Dramix® están unidas con cola soluble en agua. La cola ayuda a evitar la formación de bolas de fibras durante el amasado y garantiza una distribución homogénea de las fibras en toda la mezcla de hormigón.

Bekaert Soporte técnico Bekaert

Puede contar con nuestro equipo de soporte para cada fase de su proyecto, desde el anteproyecto hasta durante la ejecución. Nuestros servicios incluyen recomendaciones sobre diseño de pavimentos, detalles de constructivos, optimización del hormigón y procedimientos automáticos de control de calidad. También nos complace compartir nuestros conocimientos con usted y su equipo. No dude en solicitarnos un seminario o formación sobre el refuerzo de fibras de acero en sus oficinas.

Para recomendaciones sobre manejo, dosificación y mezcla visite www.bekaert.com/dosingdramix. Cualquier otro documento específico o certificado se puede encontrar en www.bekaert.com/dramix/downloads.

Bekaert se reserva el derecho a modificar, renombrar o suspender la producción de este producto en cualquier momento con o sin previo aviso. Toda la información aquí contenida es general y puede no estar completa. Para más información póngase en contacto con la oficina local de Bekaert.

Anexo 4: Panel fotográfico

Foto 1.- Probetas de ensayo para medir la resistencia



Foto 2.- Fechas de probetas de ensayo

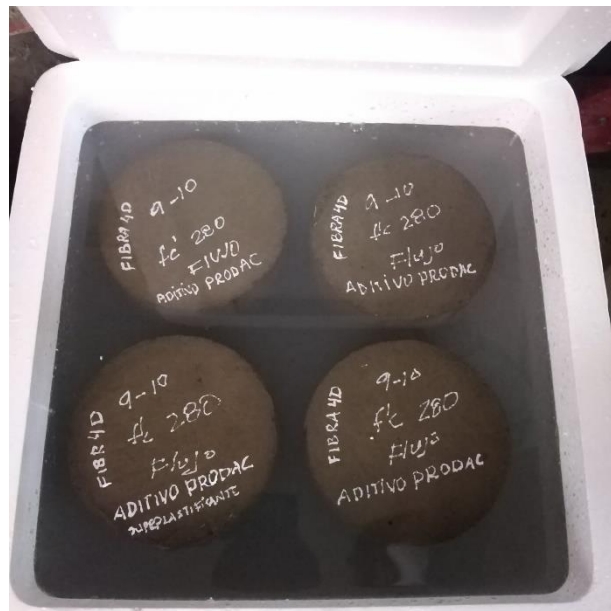


Foto 3.- Fibra metálica 4D



Foto 4.- Trabajo de mezcla de concreto con fibra 4D



Foto 5.- Vertido de mezcla de concreto con fibra 4D



Anexo 5: Resultado de resistencia



Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño C.I.P. 89945
NORMET PERU - Ingeniero Product Manager
Gerente de Producción en Químicos para Shotcrete



Ing. Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño

Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Federico Villarreal

- Ingeniero Certificado ACI International en Técnico de Campo grado I
- Ex - Asesor Comercial Destacado al área de Plantas de Concreto de Sika Perú por 6 años con facturación anual promedio de S/. 4 millones a mi cargo.
- Product Manager Normet, para shotcrete en el Perú.
- Ex - Catedrático en la UNFV Facultad de Ing. Civil, UPLA Facultad de Ing. Civil.
- Desarrollo del equipo de Madurez. (Made in Perú) ASTM C 1074.
- Jefe de Producción de Concreto Compactado con Rodillo para MOTTA ENGIL
- NORMET PERU
- CONCRETOS SUPERMIX S.A.
- BUILDING GROUP
- UNION DE CONCRETERAS S.A.

CIP 89945

CEL: 922355811

josephrumiche@gmail.com

ASUNTO:

SUSTENTO TÉCNICOS DE INFORMES DE LA CALIDAD DEL DISEÑO DE MEZCLA Y COMPRESIÓN SIMPLE DE CONCRETO CON FIBRA 4D DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS

ANTECEDENTE

Es grato dirigirme a Ud. para remitirle e informarle que, habiendo estado a cargo del control técnico de calidad: diseño de mezcla de concreto $f_c=280$ kg/cm² AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMITÉ 2111- MODULO DE FINEZA y certificado de calidad de concreto – ensayo a compresión simple NORMA ASTM C-39, los cuales se realizaron en la obra: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN EL JIRÓN AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA – PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURÍMAC", que permita cumplir con las especificaciones técnicas establecidas en el expediente, ya que el uso de estos materiales necesitan de un proceso de análisis especial el cual tiene la característica de que favorece al pavimento rígido en el comportamiento de resistencia y alcanza deformaciones inelásticas que se logran antes de que sufra un colapso al corte; el mismo que fue utilizado para el desarrollo de la Tesis: "INFLUENCIA DE FIBRA METÁLICA 4D EN EL COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DEL JIRÓN AYACUCHO DEL DISTRITO DE ANDAHUAYLAS".

Cabe resaltar que se le ha facilitado al tesista LEÓN GAMARRA, STIVEN OMAR la información básica necesaria para el respectivo desarrollo de la tesis solo con fines de investigación, puesto que la obra utiliza y maneja información de forma reservada, debido a que la modalidad de ejecución de administración de obra, razón por la cual el contratista se reserva toda información importante de la misma, la cual no puede ser expuesto de manera formal o informal.

INFORME TÉCNICO DE COMPRESIÓN DE MUESTRAS CONCRETO

1. GENERALIDADES

Correo electrónico: josephrumiche@gmail.com
Dirección: Avenida El Olivar 1312 Ca llao - Lima
Celular: 922355811


JOSEPH ARNALDO
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 89945



Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño C.I.P. 89945
NORMET PERU - Ingeniero Product Manager
Gerente de Producción en Químicos para Shotcrete

1.1. INTRODUCCIÓN

El presente informe técnico de ensayos de compresión de muestras cilíndricas de concreto se desarrolla a solicitud de la empresa: PRODAC, para los fines de control, ensayos y aceptación de la calidad del concreto en el proyecto: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN EL JIRÓN AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA – PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURÍMAC".

1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente informe técnico tiene por objetivo evaluar la resistencia a la compresión de muestras cilíndricas de concreto elaboradas y curadas en el proyecto: "MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL EN EL JIRÓN AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA – PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURÍMAC".

El proceso seguido para los fines propuestos, fue el siguiente:

- Ensayo de compresión de muestras cilíndricas de concreto
- Análisis de ensayos de compresión
- Conclusiones y recomendaciones

1.3. NORMATIVIDAD

El presente informe técnico con fines de ensayos de resistencia del concreto está en concordancia con Técnicas:


- E.060 Concreto armado
- MTC EM-2000 Manual de Ensayo de Materiales y las Normas Técnicas ASTM y NTP.
- ASTM C31 /C31M-15 Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo
- ASTM C39/C39M-15 Resistencia a la compresión concreto de muestras cilíndricas

2. CALIDAD DEL CONCRETO

2.1. GENERALIDADES

El concreto debe dosificarse para que proporcione una resistencia promedio a la compresión requerida, f'_{cr} , según se establece en el Capítulo 5 "Calidad del concreto, mezclado y colocación" de la Norma E.060 Concreto Armado, y debe satisfacer los criterios de durabilidad del Capítulo 4 "Requisitos de durabilidad" de la Norma E.060 Concreto Armado. La resistencia mínima del concreto estructural, fe, diseñado y construido de acuerdo con esta Norma no debe ser inferior a 17 MPa.

A menos que se especifique lo contrario, f'_{c} debe basarse en los resultados de ensayos realizados a los 28 días. Si se requieren resultados a edad posterior, ésta debe indicarse en los planos y especificaciones del proyecto. Los resultados de ensayos a edad temprana serán referenciales y no se utilizarán como elementos de juicio de aprobación o rechazo del f'_{c} salvo que el proyectista establezca un criterio específico al respecto.


JOSEPH ARNALDO
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 89945



3. RESULTADOS

3.1. Presentación de resultados

Las pruebas del concreto fueron elaboradas en la Ciudad de Talavera en la provincia de Andahuaylas, en el departamento de Abancay, y las características de los agregados fueron hechas en el laboratorio en la ciudad de Talavera.

Cálculo de los materiales

Cálculo de los materiales empieza con el cemento siguiendo las recomendaciones del código ACI 221, en donde se establece una relación directa entre la resistencia a compresión y la relación agua cemento, de esta forma diremos que a pesar que la relación agua cemento no es un material es el primer factor que se debe calcular, este indicador es la base para el cálculo del agua y del cemento por tanto empezaremos sabiendo que hay un cálculo $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ y esto sale de lo especificado de la E. 060 del reglamento nacional de edificaciones:

f_c : Resistencia a compresión en kg/cm^2

f_{cr} : Resistencia a compresión requerida en kg/cm^2

$$f_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = (280 + 70) \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cr} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

De los resultados mostrados en la tabla 11, podemos apreciar que la relación agua/cemento sin aire incorporado para un $f'c$ a 28 días con 450 kg/cm^2 es 0.38, 400 kg/cm^2 es 0.42, 350 kg/cm^2 es 0.47, 300 kg/cm^2 es 0.54, 250 kg/cm^2 es 0.61, 200 kg/cm^2 es 0.69 y 150 kg/cm^2 es 0.79; así mismo la relación agua/cemento con aire incorporado para un $f'c$ a 28 días con 450 kg/cm^2 es 0, 400 kg/cm^2 es 0, 350 kg/cm^2 es 0.39, 300 kg/cm^2 es 0.45, 250 kg/cm^2 es de 0.52, 200 kg/cm^2 es 0.6 y 150 kg/cm^2 es de 0.7.

Tabla Relación Agua - Cemento

Relación Agua / Cemento en Peso		
F'c a 28 días (kg/cm ²)	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
450	0.38	---
400	0.42	---
350	0.47	0.39
300	0.54	0.45
250	0.61	0.52
200	0.69	0.6
150	0.79	0.7

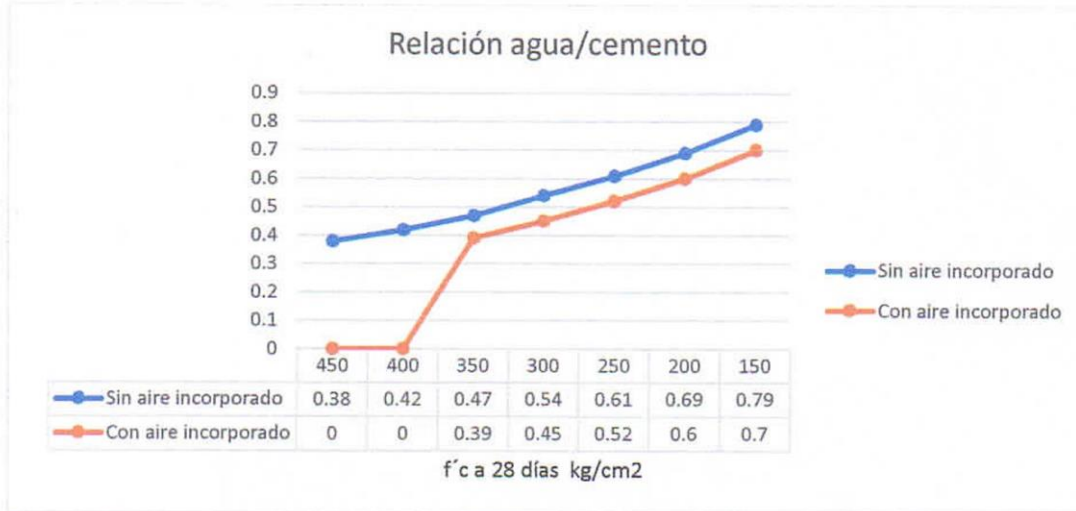
Fuente: Elaboración propia

Figura Comparación de la relación agua/cemento

JOSEPH ARNALDO
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 89945



Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño C.I.P. 89945
 NORMET PERU - Ingeniero Product Manager
 Gerente de Producción en Químicos para Shotcrete



Fuente: Elaboración propia

En los resultados tabla 12, la relación agua cemento máximo es de 0.47, en el cálculo consideraremos esta como una relación/agua cemento máxima pues la incorporación de aditivo plastificante facilita que podamos usar relaciones agua/cementos menores y así incrementar resistencia usando menos cemento. Así mismo la cantidad de agua que se usara está relacionada al slump, permitiendo evaluar el asentamiento en función del tamaño nominal del agregado.

Tabla Relación asentamiento – tamaño máximo nominal de agregado

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	207	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Elaboración propia

Para slump de 3 a 4 pulgadas se necesita aproximadamente 185 litros de agua comprobado en laboratorio, pero teóricamente es 181 litros, lo aproximado que esta la realidad de la teoría hace aceptar este dato.

El cálculo del cemento es de la siguiente forma:

$$\frac{\text{agua}}{\text{cemento}} = 0.49 = \frac{185}{\text{cemento}}$$

$$\text{cemento} = \frac{185}{0.49}$$


 JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 89945



cemento = 378

Dado los resultados tabla 13, el aire atrapado del concreto de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado es de 1%.

Tabla % de aire

Asentamiento	Tamaño Máximo Nominal del Agregado							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"
Concreto sin Aire Incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla 14, la conformación de los materiales calculados donde se tiene 377 kg en cemento, 181 kg en agua y 1% en aire.

Tabla Cantidades de materiales de cálculo

Cemento	Agua	Aire
377 kg	181 kg	1%

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15 se muestra los resultados del cálculo de los agregados, donde tenemos los agregados finos cuyo peso específico es 2.48 kg/m³, peso seco unitario compactado es 1749 kg/m³, peso seco unitario suelto es 1701 kg/m³, absorción 3%, humedad 3.5% y módulo de fineza 3.69, así mismo tenemos los agregados gruesos cuyo tamaño máximo nominal es 1 1/2", peso específico es 2.69 kg/m³, peso seco unitario compactado es 1602 kg/m³, peso seco unitario suelto es 1438 kg/m³, absorción 0.3%, humedad 0.5% y módulo de fineza 7.4.


JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 89945



Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño C.I.P. 89945
NORMET PERU - Ingeniero Product Manager
Gerente de Producción en Químicos para Shotcrete

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ AMERICAN CONCRETE INSTITUTE COMITÉ 211 - MÓDULO DE FI NEZA

**PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL
EN EL JIRON AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA-
PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS DEPARTAMENTO DE APURIMAC**

FECHA DE DISEÑO: 11-sep-20

CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO		
f_c	280	kg/cm ²
Factor de seguridad	70	kg/cm ²
f_{cr} (diseño)	350	kg/cm ²

Cemento Portland		
TIPOI	SOL	
Peso específico	3.15	
Agregado fino		
Peso específico	2.48	kg/m ³
Peso Seco Unitario Compactado	1749	kg/m ³
Peso Seco Unitario Suelto	1701	kg/m ³
Absorción	3	%
Humedad	3.5	%
Módulo de Fineza	3.69	
Agregado Grueso		
Tam. Max. Nominal	11/2*	pul
Peso específico	2.69	kg/m ³
Peso Unitario Seco Compactado	1602	kg/m ³
Peso Unitario Seco Suelto	1438	kg/m ³
Absorción	0.3	%
Humedad	0.5	%
Módulo de fineza	7.4	
PROCESAMIENTO		
Asentamiento	4	pul
Volumen unitario de agua	185	Lt/m ³
Contenido de aire	1	%
Relacion a/c Resistencia / Durabilidad	0.49	0.49
Factor de cemento	378	kg/m ³
Bolsas por m ³ según diseño	8.9	bolsas
VOLÚMENES ABSOLUTOS		
Cemento	0.12	m ³
Agua	0.185	m ³
Aire	0.01	m ³
Vol. Absoluto de pasta	0.315	m ³

VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO		
Volumen Absoluto de agregados	0.685	m ³
CALCULO DEL MODULO DE FINEZA		
Modulo de fineza $m =$	5.79	Tabla
Calculo de valor de $r =$	13.4	
VOLUMENES ABSOLUTOS DEL AGREGADO		
Agregado fino	0.2973	m ³
Agregado grueso	0.388	m ³
PESOS SECOS DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	737	kg/m ³
Agregado grueso	1043	kg/m ³
VALORES DE DISEÑO		
Cemento	378	kg/m ³
Agua	185	Lt/m ³
Agregado fino seco	737	kg/m ³
Agregado grueso seco	1043	kg/m ³

CORRECIÓN POR HUMEDAD		
Agregado fino	763	kg/m ³
Agregado grueso seco	1048	kg/m ³

HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	0.5	%
Agregado grueso seco	0.2	%

APOORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS		
Agregado fino	4	Lt/m ³
Agregado grueso seco	2	Lt/m ³
Aporte de humedad	6	Lt/m ³
Agua efectiva	179	Lt/m ³

PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD		
Cemento	378	kg/m ³
Agua efectiva	179	Lt/m ³
Agregado fino húmedo	763	kg/m ³
Agregado grueso húmedo	1048	kg/m ³

RESULTADOS FINALES						
PROPORCIONES EN PESO						
378	763	1048		Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso
378	378	378		1	2.02	2.78
						Agua/bls
						20.18

Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño
JOSEPH ARNALDO RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 89945

Correo electrónico: josephrumiche@gmail.com
Dirección: Avenida El Olivar 1312 Ca llao - Lima
Celular: 922355811



Joseph Arnaldo Rumiche Ormeño C.I.P. 89945
NORMET PERU - Ingeniero Product Manager
Gerente de Producción en Químicos para Shotcrete

CERTIFICADO DE CALIDAD CONCRETO
ENSAYO A COMPRESION SIMPLE
NORMA ASTM C-39

Fecha:
01/10/2020
Revisión: 01
Página: 1 de
1

OBRA: Calle Ayacucho
MATERIAL: Concreto fc: 280
kg/cm²
UBICACIÓN: Talavera -
Andahuaylas

FECHA: 01/10/2020

N°	Procedencia	Fe (Mpa)	Código	Fecha		Edad (horas)	Diam. (cm)	Área cm	Carga (Kgf)	Resist. (kgic m ³)	Res ist. Pro m. (kg/ cm ²)
				Vaciado	Rotura						
1	SUPERPLASTIFI CANTE PRODAC	28	(A/C:0.32)- 1.5%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.14	180.03	62650	348	342
2		03/10/2020		06/10/2020	15.13		179.79	60410	336		
3		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.14	180.03	89294	496	490
4		28		03/10/2020	10/10/2020		15.14	180.03	86954	483	
5		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.12	179.55	94445	526	536
6		28		03/10/2020	31/10/2020		15.11	179.32	97727	545	
7		28	(A/C:0.36)- 1.0%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.12	179.55	57637	321	324
8		28		03/10/2020	06/10/2020		15.15	180.27	58767	326	
9		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.14	180.03	66071	367	378
10		28		03/10/2020	10/10/2020		15.13	179.79	69939	389	
11		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.11	179.32	75851	423	434
12		28		03/10/2020	31/10/2020		15.15	180.27	80219	445	
13		28	(A/C:0.38)- 0.8%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.12	179.55	44350	247	242
14		28		03/10/2020	06/10/2020		15.13	179.79	42611	237	
15		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.13	179.79	50701	282	288
16		28		03/10/2020	10/10/2020		15.13	179.79	52859	294	
17		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.15	180.27	68682	381	378
18		28		03/10/2020	31/10/2020		15.11	179.32	67244	375	
19		28	(A/C:0.49)- 0.6%	03/10/2020	06/10/2020	3 días	15.14	180.03	34746	193	194
20		28		03/10/2020	06/10/2020		15.13	179.79	35059	195	
21		28		03/10/2020	10/10/2020	7 días	15.16	180.51	41877	232	231
22		28		03/10/2020	10/10/2020		15.11	179.32	41063	229	
23		28		03/10/2020	31/10/2020	28 días	15.13	179.79	60949	339	342
24		28		03/10/2020	31/10/2020		15.12	179.55	61946	345	


JOSEPH
RUMICHE ORMEÑO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 89945

Correo electrónico: josephrumiche@gmail.com
Dirección: Avenida El Olivar 1312 Ca llao - Lima
Celular: 922355811

LABORATORIO DE CONCRETO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA NTP 400.012

DATOS GENERALES DE LUGAR DE MUESTREO

PROPIETARIO/	MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y	FECHA:	viernes, 6 de Diciembre de 2019
PROVEEDOR:	PEATONAL EN EL JIRÓN AYACUCHO DE LA LOCALIDAD DE TALAVERA DEL DISTRITO DE TALAVERA - PROVINCIA DE ANDAHUAYLAS	VOLUMEN	5,000 m ³
LUGAR:	ACOPIO AV. PEREZ DE CUELLAR AYACUCHO	PERIODO:	2,019
DISTRITO:	PROVINCIA: HUAMANGA	DEPARTAMENTO:	AYACUCHO

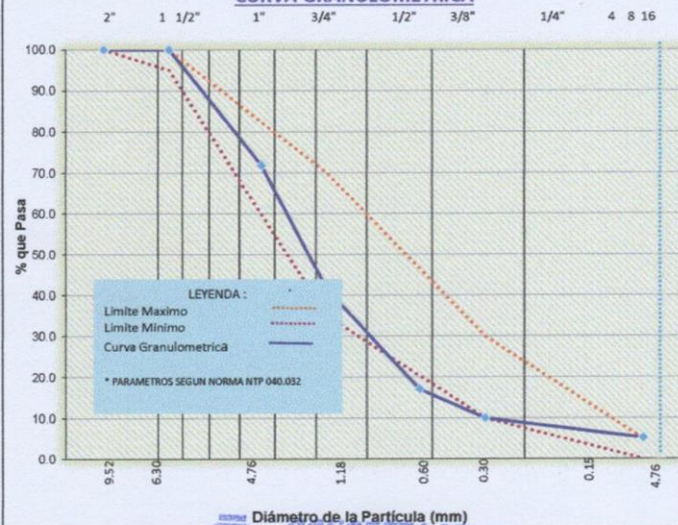
DATOS DE LA MUESTRA

Peso de la muestra seca + recipiente (grs) :	5196.00 gr	Tamaño Maximo :	1 1/2"
Peso del recipiente (grs) :	387.00 gr	Fecha :	viernes, 6 de Diciembre de 2019
Peso de la muestra seca, Ws (grs) :	4809.00 gr	Tipo de Agregado	PIEDRA CHANCADA

aberturas		Peso retenido	% retenido parcial	%Retenido acumulado	% que pasa	Especificacion	Descripcion de la Muestra
tamiz (pulg)	(mm)						
2"	50.80	0	0.00 %	0.00 %	100.00 %		Datos Obtenidos Peso de la muestra : 4809.00 gr Tamaño Maximo : 1" Tamaño M. Nominal : 1 1/2" Peso especifico : 2690 kg/m ³ Peso unitario compactado: 1602 kg/m ³ Peso unitario suelto: 1438 kg/m ³ Absorción : 0.30 % Módulo finura : 7.40 Clasificación del Agregado Clasificación General : PIEDRA CHANCADA SubClasificación : Arenas SUCS : GP descripcion : Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con pocos finos o sin ellos Conclusiones Y Recomendaciones * El agregado ensayado en mension tiene una curva que si cumple con los limites maximos. sin embargo tiene una curva bien graduada lo cual cumple para la elaboracion de concreto premezclado. * Se recomienda utilizar los agregados ensayados para la fabricacion de concreto premezclado, por estar libre de impurezas o material organico.
1 1/2"	38.10	0	0.00 %	0.00 %	100.00 %		
1"	25.40	1354	28.18 %	28.18 %	71.82 %		
3/4"	19.10	1458	30.35 %	58.53 %	41.47 %		
1/2"	12.70	1174	24.44 %	82.97 %	17.03 %		
3/8"	9.52	335	6.97 %	89.95 %	10.05 %		
Nº 4	4.76	232	4.83 %	94.78 %	5.22 %		
Nº 8	2.36	179	3.73 %	98.50 %	1.50 %		
Nº 16	1.18	53	1.10 %	99.60 %	0.40 %		
FONDO	0	19	0.40 %	100.00 %	0.00 %		
MASA TOTAL		4804					

CONTROLES

Valor de peso de Agregado seco + Recip.	ok
Valor de peso del Recipiente	ok
% Maximo de Perdida de Agregado	ok
Peso Retenido en Mallas	ok
% que pasa al fondo	ok

CURVA GRANULOMETRICA


Diámetro de la Partícula (mm)


VºBº JEFE DE LABORATORIO
 ACI TECNICIAN - GRADO I
 CERTIFICACION 02102114


VºBº JEFE DE CALIDAD