



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto,
Trujillo 2018”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

AUTORES:

Cuenca Briceño, Elmer Luis
Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

ASESOR:

Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

TRUJILLO-PERÚ

2018

PÁGINA DEL JURADO

DR. ALAN YORDAN VALDIVIESO VELARDE
PRESIDENTE

MG. HILBE SANTOS ROJAS SALAZAR
SECRETARIO

MG. MARLON GASTÓN FARFÁN CÓRDOVA
VOCAL

DEDICATORIA

A **Dios** por ser siempre la luz que me guía por el camino del bien, por brindarme salud y trabajo que me permitieron culminar satisfactoriamente mi carrera universitaria.

A mis padres **Briceño Calderón Socima** y **Cuenca Morillo Evaristo German**, por brindarme su apoyo durante mi etapa universitaria, por mantener siempre la confianza en mí, por ser mi motivo de superación, por sus consejos que me permitieron seguir adelante y vencer todos los obstáculos para cumplir con mis objetivos y alcanzar mi meta anhelada y por inculcarme buenos valores para ser un hombre de bien.

A mi hermana **Cuenca Briceño Nancy**, por ser como una segunda madre para mí, por su apoyo incondicional, sus consejos que me ayudan a seguir por el camino correcto y así concretar mis metas.

Al amor de mi vida **Eustaquio Ávila Jackeline Jesús**, por brindarme su amistad, paciencia, amor, comprensión y apoyo incondicional, por recordarme siempre que a pesar de las adversidades no me deje vencer y camine con la frente en alto.

ELMER LUIS CUENCA BRICEÑO

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme dado la vida y permitirme cumplir este objetivo, por permitirme lograr una de las metas que tenía trazada en esta vida.

A mi padre **Solórzano Solano Gilber Juliano** por su esfuerzo y sacrificio por brindarme una buena educación y nunca haber perdido la confianza en mí, por apoyarme hasta el final de esta etapa universitaria.

A mi madre **Rodríguez Castañeda Ana Rocío** por su gran apoyo incondicional, por haber sido el motor y motivo de mi vida, por cada consejo y valores inculcados que me enseñaron a ser una persona de bien.

A mis tíos **Ventura Sigüenza Luis Alberto** y **Rodríguez Castañeda Patricia Janet**, por estar conmigo en los inicios de mi etapa universitaria y brindarme su apoyo, por haber sido como unos padres para mí. Y a mi madrina **Solórzano Solano Jessica Janet**, por su inmenso cariño y amor, por ser como una madre y apoyarme siempre.

A mi hermano **Gilberh Jampier** y mis primos **Akane Dianeth**, **Thiago Alessandro**, **Andrea Carolina** y **Leonel Jesús**, por estar siempre conmigo y brindarme su amor sincero. Para que vean en mí un ejemplo a seguir.

CRISTHY STEPHANY SOLÓRZANO RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTO

A nuestra prestigiosa Universidad César Vallejo, en especial a nuestra facultad de ingeniería civil por brindarnos las herramientas necesarias para formarnos como profesionales de calidad.

A nuestros docentes, por compartir con nosotros sus conocimientos y experiencia durante nuestra vida universitaria y por sus consejos para formarnos como profesionales con ética y valores.

A nuestro asesor Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova por su dedicación como docente y guía para la elaboración, planteamiento y desarrollo de nuestro trabajo de investigación.

Al personal del laboratorio de la Universidad César Vallejo, al Ing. Alex Fabián Díaz Díaz (Director de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Trujillo) y al Ing. Iván Vásquez Alfaro (Jefe del laboratorio de Concreto y Reciclado) por permitirnos realizar los estudios necesarios para procesar y analizar los resultados planteados en nuestro trabajo de investigación.

A nuestro estimado amigo Araujo Novoa Arnaldo Josué por su amistad y apoyo incondicional que nos permitió culminar con éxito el desarrollo de esta investigación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Cuenca Briceño Elmer Luis y Solórzano Rodríguez Cristhy Stephany, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N.º 41453404 y 70011261; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda documentación, datos e información que en ella se presenta es verídica y autentica.

En tal sentido, asumimos toda la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 17 de Diciembre del 2018

Cuenca Briceño, Elmer Luis

Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos, de la Universidad César Vallejo de Trujillo, presentamos ante ustedes la tesis titulada: **“EFECTO DE LAS FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO, TRUJILLO 2018”** con la finalidad de obtener nuestro título Profesional de Ingeniero Civil.

Agradecemos los aportes y sugerencias brindadas a lo largo del desarrollo del presente estudio y de esta manera realizar una investigación eficiente. El trabajo mencionado determina las mejoras alcanzadas en las propiedades físicas del concreto al adicionar fibras de acero y polipropileno, por lo que constatamos que es importante el considerar incorporar estos filamentos a uno de los materiales más empleados en el rubro de la construcción.

Cuenca Briceño, Elmer Luis

Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	vi
PRESENTACIÓN	vii
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Trabajos previos	15
1.3. Teorías relacionadas al tema	19
1.3.1. El concreto y sus propiedades	19
1.3.2. Fibras en el concreto	34
1.3.3. Ensayos de mecánica de suelos	36
1.3.4. Ensayos en el concreto	39
1.4. Formulación del problema	43
1.5. Justificación del estudio	44
1.6. Hipótesis.....	44
1.7. Objetivos	44
1.7.1. Objetivo general	44
1.7.2. Objetivos específicos.....	44
II. MÉTODO	46
2.1. Diseño de investigación	46
2.2. Variables, Operacionalización	46
2.3. Población y muestra	48
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	48
2.5. Métodos de análisis de datos	49
2.6. Aspectos éticos.....	49
III. RESULTADOS	50
3.1. Análisis del agregado fino.....	50
3.1.1. Ensayo de Granulometría	50
3.1.2. Peso unitario suelto y compactado	52
3.1.3. Determinación de peso específico y absorción	53
3.1.4. Determinación del contenido de humedad	54
3.2. Análisis del agregado grueso.....	55
3.2.1. Ensayo de granulometría.....	55

3.2.2.	Peso unitario suelto y compactado	56
3.2.3.	Determinar el Peso específico y absorción.....	57
3.2.4.	Determinación del contenido de humedad	58
3.3.	Características del cemento	59
3.4.	Diseño de mezclas de concreto por el método ACI	59
3.5.	Descripción de la muestra	60
3.6.	Construcción de las muestras	61
3.7.	Ensayos en concreto fresco	61
3.7.1.	Temperatura	61
3.7.2.	Asentamiento.....	62
3.8.	Ensayos en concreto endurecido	62
3.8.1.	Resistencia a la flexión del concreto a 14 días de curado	63
3.8.2.	Resistencia a la flexión del concreto a 28 días de curado	63
3.8.3.	Diferencia porcentual de resistencia a la flexión del concreto	64
3.8.4.	Análisis estadístico de resultados	66
IV.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
4.1.	Propiedades del concreto en estado fresco	67
4.1.1.	Temperatura	67
4.1.2.	Asentamiento.....	67
4.2.	Propiedades del concreto en estado endurecido	68
4.2.1.	Resistencia a la flexión.....	68
V.	CONCLUSIONES.....	70
VI.	RECOMENDACIONES.....	71
VII.	REFERENCIAS.....	72
ANEXOS.....	76	
Anexo 1.	Ensayos a realizar en el transcurso del desarrollo de la investigación	76
Anexo 2.	Análisis del agregado fino	77
Anexo 3.	Análisis del agregado grueso.....	80
Anexo 4.	Diseño de mezclas	83
Anexo 5.	Registro de datos de resistencia a la flexión en especímenes de concreto.....	89
Anexo 6.	Resumen de datos de resistencia a la flexión en probetas de concreto.....	97
Anexo 7.	Características físico-químicas del cemento portland	101
Anexo 8.	Descripción técnica – fibra de acero.....	102
Anexo 9.	Descripción técnica-fibra de polipropileno	105
Anexo 10.	Evidencias fotográficas.....	108

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Cementos portland para construcción en general	20
Cuadro 2. Resistencia a la compresión promedio.....	27
Cuadro 3. Control de calidad en obra	27
Cuadro 4. TMN comprendidos entre 2” y 3/8”	28
Cuadro 5. Asentamientos recomendados para varios tipos construcciones	29
Cuadro 6. Asentamientos recomendados para estructuras hidráulicas.....	29
Cuadro 7. Volumen unitario de agua.....	30
Cuadro 8. Contenido de aire atrapado	30
Cuadro 9. Relación agua/cemento por resistencia.....	31
Cuadro 10. Máxima relación agua/cemento para concretos expuesta a condiciones especiales.....	32
Cuadro 11. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto.....	33
Cuadro 12. Operacionalización de variables	47
Cuadro 13. Granulometría agregado fino	51
Cuadro 14. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino.....	52
Cuadro 15. Peso específico y absorción del agregado fino	53
Cuadro 16. Contenido de humedad del agregado fino	54
Cuadro 17. Granulometría agregado grueso.....	55
Cuadro 18. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso	57
Cuadro 19. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	58
Cuadro 20. Contenido de humedad del agregado grueso	58
Cuadro 21. Características físico-químicas del cemento.....	59
Cuadro 22. Resumen propiedades físicas de los agregados	60
Cuadro 23. Diseño de mezclas de concreto para $f'c$ 210 kg/cm ² con relación a/c de 0,56	60
Cuadro 24. Proporciones finales en volumen de mezcla.....	60
Cuadro 25. Promedios de resistencia a la flexión del concreto	63
Cuadro 26. Promedios de resistencia a la flexión del concreto	63
Cuadro 27. Diferencia porcentual de resistencia a la flexión del concreto	64
Cuadro 28 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk	66
Cuadro 29. Prueba no paramétrica Kruskal – Wallis para los valores de resistencia a la flexión en especímenes de concreto ensayados a los 28 días de edad.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo adecuado para realizar el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.	42
Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino – Límites AST C33	51
Figura 3. Tamices ordenados de manera descendente desde el N.º 3/8” hasta N.º 200, incluyendo el plato. Granulometría agregado fino.	52
Figura 4. Cálculo del peso unitario del agregado fino.....	53
Figura 5. Determinación del peso específico del agregado fino.....	54
Figura 6. Muestra de agregado fino secada al horno.....	54
Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso – Límites ASTM C33.....	56
Figura 8. Tamices ordenados de manera descendente N.º 2” hasta N.º 4 y el plato. Granulometría agregado grueso.	56
Figura 9. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.....	57
Figura 10. Peso específico y absorción del agregado grueso	58
Figura 11. Muestra de agregado grueso secada al horno.....	59
Figura 12. Elaboración y curado de especímenes.....	61
Figura 13. Toma de temperatura del concreto	62
Figura 14. Medición del asentamiento del concreto en estado fresco	62
Figura 15. Resistencia a la flexión del concreto con relación a la proporción de fibras de acero y polipropileno realizado a los 14 días de curado.....	63
Figura 16. Resistencia a la flexión del concreto a diferentes proporciones de fibras de acero y polipropileno realizado a los 28 días de curado	64
Figura 17. Porcentajes de resistencia a la flexión del concreto con relación a los días de curado	65
Figura 18. Resistencia a la flexión del concreto a diferentes proporciones de fibras ensayados a 14 y 28 días de curado.....	65

RESUMEN

En la presente investigación se busca evaluar el efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia del concreto. Para ello el estudio se inició mediante el análisis de las propiedades granulométricas de los agregados verificando que estos cumplan con las normas vigentes, con los resultados de laboratorio se realizó el diseño de mezclas patrón con resistencia característica a la compresión de 210 Kg/cm^2 , al que se añadió proporciones de 10%, 15% y 20% de fibras de acero y polipropileno. Para el estudio se empleó agregado fino y grueso (piedra de 1/2 pulg) provenientes de la cantera Transportes y agregados Maconsa EIRL (cantera tripa), Cemento Portland Tipo ICo, fibras de acero (Sika Fiber CHO 65/35 NB) y fibras de polipropileno (Sika Fiber PE). Se realizaron 48 especímenes (vigas de concreto) distribuidos en tres grupos experimentales y un grupo control, los cuales fueron puestos a prueba de resistencia a flexión después de 14 y 28 días de curado. La resistencia a la flexión logró valores máximos a los 28 días obteniendo 30.1 kg/cm^2 para el concreto patrón y 32.5 kg/cm^2 para el concreto con 20% de fibra de acero y polipropileno. Las fibras empleadas en la investigación demostraron ser un excelente agregado para ser empleados en las mezclas de concreto debido a que mejoran significativamente sus características físicas y mecánicas. Los resultados obtenidos demostraron que el concreto fibroreforzado con proporción de 20% logró un aumento de la resistencia en 7.7% respecto al concreto patrón, llegando a la conclusión que un concreto con adición de fibras de acero y polipropileno tiene un mejor comportamiento a comparación de un concreto convencional.

Palabras clave: Fibra de acero y polipropileno, resistencia del concreto, propiedades mecánicas de concreto.

ABSTRACT

The research, we decide to evaluate what the steel and polypropylene fibers on the strength of concrete causes. So that the study is initially analyze the granulometric properties of the aggregates, verifying that they fill with the current regulations, with the results from the laboratories proportions of 10%, 15% and 20% of steel and polypropylene fibers were added. For this study, a fine and coarse (1/2 inch stone) from the quarry had been added Transports and aggregates Maconsa EIRL (gut quarry), Portland Cement Type ICo, steel fibers (Sika Fiber CHO 65/35 NB) and Polypropylene fibers (Sika Fiber PE). 48 there were about kinds of beams, that were distributed in three experimental groups and one control group, which were tested for flexural strength after 14 and 28 days of curing. The resistance to bending to the maximum values at 28 days is 30.1 kg/cm^2 for the concrete pattern and 32.5 kg/cm^2 for concrete with 20% steel fiber and polypropylene. The fibers used in the research will prove to be an excellent addition to be used in concrete mixtures because they improve their physical and mechanical characteristics. The results obtained showed that fiber reinforced concrete with a proportion of 20% achieved an increase in resistance in 7.7% with respect to the concrete pattern, reaching the conclusion that a concrete with addition of steel and polypropylene fibers has a better performance compared to a conventional concrete.

Key words: Steel fiber and polypropylene, concrete strength, mechanical properties of concrete.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El concreto es uno de los elementos más empleados en el mundo de la construcción. Este material de trabajo es utilizado debido a los aportes de sus propiedades físicas tales como su versatilidad, trabajabilidad, durabilidad y resistencia. La aplicación de este material es de gran diversidad en el sector de la construcción, entre ellos cabe mencionar edificaciones, puentes y obras de arte, canales, etc. El concreto está compuesto por el agregado grueso, agregado fino, agua y un aglomerante, y de ser necesario en algunos casos aditivos. Cuando la mezcla obtiene su estado de endurecimiento, es requerida para múltiples aplicaciones de la ingeniería tales como cimientos, sobre cimientos, pilares, columnas, vigas, losas ya sean nervadas o macizas, reservorios, pavimentos, puentes, etc. (Gutiérrez, 2003).

El adicionar fibras al concreto le otorga un comportamiento adecuado antes y después del agrietamiento, lo cual ha generado una gran fama en las últimas décadas. Desde el año 1967 hasta la actualidad, se han empleado diversos tipos de filamentos en el concreto de manera satisfactoria, debido a que ésta ha potenciado la durabilidad y las propiedades físicas del concreto. Los estudios experimentales elaborados anteriormente han indicado en sus resultados la capacidad de las fibras. Los beneficios más relevantes de la incorporación de las fibras al concreto son: otorga tenacidad a flexión (absorbe energía después del agrietamiento), lo que amplía la resistencia a la cortante, tensión directa y a torsión, aumentando las propiedades de resistencia a impacto y a fatiga, potenciando el comportamiento de contracción y flujo plástico, aumentan la durabilidad en ciertas condiciones climáticas (ACI-544, 1996). La tendencia actual por emplear mejores materiales y sistemas constructivos, ha llevado a la utilización de fibras de acero para reforzar el concreto (Blender, 2015).

En la actualidad se han elaborado diversos estudios que señalan a los filamentos de acero y polipropileno como una selección diversa para el diseño y construcción de estructuras que requieran características especiales. El empleo de fibras como una adición más en materiales de relleno o aglomerantes, viene de algunos años atrás. Los antecedentes de investigaciones en el concreto con un refuerzo discontinuo (clavos, segmentos de cable, ganchos) se remontan al año 1910 (Sika, 2011). Las fibras de acero son empleadas en concretos prefabricados reforzados; en losas de pavimentos rígidos (tráfico alto, medio y ligero) en

cimientos y losas de concreto para substituir el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc. (Sika, 2015).

El Grupo La República, 2013 en su publicación cita que uno de los problemas más relevantes en el Perú es el elevado índice de construcción informal de viviendas familiares. En nuestro país se construyen miles de viviendas sin licencia de construcción que no cuentan con una verificación de calidad del proyecto, materiales y proceso constructivo de manera adecuada. Se puede señalar que el 50% se caracteriza por carecer de calidad, esto genera un peligro para las familias debido a que construyen viviendas vulnerables. Cabe mencionar que otros módulos son ejecutados por constructoras mediante programas de viviendas y oferta inmobiliaria.

El boom de la inmobiliaria en los últimos años en Trujillo no se ha generado de forma ordenada, así lo exponen las estimaciones efectuadas por la Gerencia de Desarrollo Urbano de la comuna provincial, en la que el 60% de las construcciones en el distrito son informales. La falta de asesoría técnica en la construcción para viviendas trae como consecuencia deficiencias arquitectónicas, estructurales y genera una baja calidad en el proyecto. (Municipalidad Provincial de Trujillo, 2015).

Nuestra investigación se enfoca en cuantificar las mejoras alcanzadas por la adición de fibras de acero y polipropileno al concreto, para así tener nuevas consideraciones en los futuros diseños.

1.2. Trabajos previos

Para elaborar el presente estudio se ha realizado la búsqueda de investigaciones a nivel nacional e internacional que nos sirvieron como guía para realizar nuestra investigación. Se analizó diversas fuentes, diseños anteriores y tesis que contengan información relacionado con el estudio a ser elaborado sobre la aplicación de fibras de acero y polipropileno en la mezcla del concreto.

Chapoñan y Quispe (2017) en su investigación “Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el AA.HH. Villamaría –Nuevo Chimbote”, tuvieron como objetivo analizar el comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibra de polipropileno. Respecto al ensayo de flexión llegaron a la conclusión que se obtuvo mejores resultados en ensayos en los que se empleó el 100% de la cantidad recomendada por el fabricante, brindando los valores más altos en el ensayo de módulo de rotura.

Sarta y Silva (2017) en su investigación denominada “Análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6%” tuvieron como objetivo realizar para un concreto de resistencia a la compresión de 3000PSI un análisis comparativo de la resistencia a la compresión tensión indirecta y flexión del concreto convencional y el concreto reforzado con fibras de acero en busca de una mejor resistencia a los esfuerzos. Obtuvieron como resultado en su ensayo de resistencia a flexión que la adición de fibras de acero fue favorable, cumpliendo con las normas establecidas se logró presentar un aumento en la resistencia de 56,56% a la edad de 28 días.

Armas (2016), en su investigación “Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico”, el objetivo de la investigación fue determinar los efectos de la adición de fibra de polipropileno en el concreto. Obtuvo como resultado que al adicionar fibras de polipropileno en el concreto el asentamiento y el contenido de aire se reducen significativamente. También concluyó que para una proporción de 400gr/m³ respecto al módulo de rotura a flexión a la edad de 28 días genera resistencias de 39.48, 47.54 y 48.34 kg/cm² para diseños patrones de 175, 210 y 280 kg/cm².

Condori (2016), en su investigación denominada “Análisis de la incidencia de las fibras de acero dramix en el comportamiento elástico del concreto empleando el cemento portland tipo IP”, el objetivo de la investigación fue analizar y determinar la incidencia de las fibras de acero dramix en el comportamiento elástico del concreto. Concluyó que en una proporción del 1% (80kg/m³) de fibras de acero, estas influyeron considerablemente en el comportamiento elástico del concreto, la resistencia equivalente a flexión de un concreto con

fibras obtuvo una mayor resistencia que un concreto convencional, además el módulo de elasticidad del concreto fibroreforzado presentó mayores valores respecto al convencional.

Ramírez (2016), en su investigación denominada “Estudio comparativo de los efectos sobre la resistencia a la flexión del hormigón reforzado con fibras (hrf) usando macro fibras de acero dramix rc -6535 – bn y de polipropileno/polietileno tuf – strand sf”, el objetivo de la investigación fue diagnosticar la porción de fibra en peso por m^3 de hormigón que origine la mayor factibilidad económica y mejor comportamiento mecánico mediante la equiparación de resultados alcanzados en los ensayos de flexo-tracción. Los resultados evidenciaron que la fibra DRAMIX RC-6535-BN en una proporción de $20kg/m^3$ es la de mejor relación costo – beneficio, alcanzó los ascendientes esfuerzos residuales a flexión en relación al total de lotes, y se mantuvo bajo del costo respecto al total de las proporciones investigadas de TUF –STRAND SF.

Ortiz (2015) en su investigación “Determinación de la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c = 280 kg/cm^2$ ”, tiene como objetivo determinar la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto. Concluyó que la incorporación de fibras de aceros al concreto para una $f'c = 280kg/cm^2$, en la resistencia a flexión origina un incremento importante a medida que se incremente la cantidad de fibra (47.61%, 87.86%, y 118.07%), para $30 kg/m^3$, $50 kg/m^3$ y $70 kg/m^3$, de fibra y 0.9% del peso de cemento.

Sotil y Zegarra (2015) en su estudio titulado “Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero wirand ff3 y concreto reforzado con fibras de acero wirand ff4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido”, tuvieron como finalidad relacionar ordenadamente las propiedades mecánicas del concreto, en este caso la flexión, tenacidad y compresión del concreto sin refuerzo respecto al concreto reforzado con fibras de acero Wirand FF3 y FF4 (80/60). En esta investigación buscaban estudiar los datos obtenidos de los componentes locales, como materiales de construcción y parámetros ingenieriles aplicados en la práctica nacional. Así mismo, se buscaban alcanzar una base de datos para la empresa Maccaferri, obteniendo los requisitos de trabajo más cercanos a la realidad en Perú, consiguiendo la expansión del producto en el mercado nacional. Llegaron a la conclusión que las fibras son una opción preventiva para verificar las

limitaciones como el comportamiento frágil debido a esfuerzos de flexo-tracción y poco control de fisuración bajo la aplicación de cargas dirigida primordialmente a pavimentos y losas de concreto. Estas fibras aportan una mayor energía de rotura, consiguiendo el reemplazo de las armaduras de acero convencionales.

Villanueva y Yaranga (2015) en su investigación “Estudio de la influencia de fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Lircay provincia de Angaraes, Región Huancavelica”, tuvieron como objetivo determinar la influencia al incorporar las fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en la resistencia a la compresión y tensión en concretos. Llegaron a la conclusión que la dosificación más apta para llegar a la resistencia más alta es adicionando 10% de fibras de polipropileno. También apreciaron que la adición de fibras ayudó a controlar las fisuras y grietas.

Vásquez (2014), en su investigación denominada “Influencia del incremento de volumen de fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión, tracción y trabajabilidad en un concreto reforzado”, el propósito de la investigación fue determinar el efecto de la adición de fibras en la resistencia a flexión, tracción y trabajabilidad del concreto. Los resultados evidenciaron que la viga de mayor resistencia a flexión fue la de 800 gr con una carga de 84.6 kg/cm^2 y la de menor resistencia fue la de 0 gr con una resistencia de $56. \text{ kg/cm}^2$. Llegó a la conclusión que al adicionar mayor cantidad de fibras se obtenía mayor resistencia.

Fernández (2013) en su investigación denominada “Hormigones reforzados con fibras de acero”, el propósito de la investigación fue mejorar las cualidades del hormigón. En su estudio nos dice que la aplicación de filamentos de acero en el concreto, mejora su comportamiento a flexotracción, incrementa su resistencia a la rotura, aumenta su resistencia a la tracción, a la fatiga dinámica e incremento de la durabilidad del concreto, ligero aumento de resistencia a la compresión, fuerte absorción y disipación de energía antes de romper, fisuración controlada y resistencia elevada a los choques térmicos.

Millán (2013) en su investigación denominada “Comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato provincia de Tungurahua”, estudio el comportamiento del hormigón reforzado con

fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas. Concluyó que para flexión es recomendable utilizar el 0.23% de fibra de polipropileno, también se determinó que la resistencia a flexión no varía significativamente al incrementar el contenido de fibras. Sin embargo, la deflexión de la viga aumentó proporcionalmente ya que al producirse las primeras fisuras la carga no cae bruscamente y la estructura no se rompe.

Carmona y Cabrera (2009) en su investigación denominada “Comportamiento al corte de hormigones reforzado con fibras de acero”, tuvieron como objetivo implementar el ensayo de corte establecido en la Sociedad Japonesa de Ingeniería Civil (JSCE) - SF6, modificado, y determinar el efecto del contenido y de la correlación de aspecto de la fibra en la tenacidad de los hormigones reforzados con fibras de acero, sujetos a esfuerzos de corte. Utilizaron el método JSCE-SF6 rectificado, pudiendo elaborar ensayos de corte en forma estable, que les permitan cuantificar el efecto de la incorporación de fibras en el comportamiento del hormigón. Tuvieron como resultado una resolución eficaz de las fibras empleadas en el comportamiento post - fisuración del hormigón, observaron los filamentos presentaban un buen anclaje al hormigón, que les permitieron implicarse de forma adecuada antes las gestiones a las que fueron sometidas.

1.3. Teorías relacionadas al tema

El empleo de filamentos de acero y polipropileno en la mezcla de concreto es bajo y poco conocido en nuestro país, por ello esta investigación se enfoca en dar a conocer los beneficios que se obtienen al emplear fibras en el concreto, así mismo fomentar su empleo en los diversos proyectos que se realicen en todo el Perú, debido a que la incorporación de fibras de acero y polipropileno en el concreto brinda un mejor rendimiento de las estructuras, evitando el fisuramiento por contracción, aumentando la resistencia en sus propiedades mecánicas.

1.3.1. El concreto y sus propiedades

1.3.1.1. Concreto

El concreto está formado por una mezcla de Cemento Portland, agregado grueso, agregado fino, agua y eventualmente aditivos para mejorar sus características, lo cual al endurecerse es capaz de soportar grandes esfuerzos (Sánchez, 2001).

1.3.1.2. Componentes y complementos del concreto

1. Cemento

El cemento es el producto de la pulverización del Clinker (calcinación de piedra caliza y arcilla) y otros materiales adicionales como puzolanas y escoria (Armas, 2016).

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.090 en la presente investigación se ha empleado el Cemento Portland Pacasmayo Extraforte tipo ICo correspondiente a uno de los materiales de uso general y de mayor comercialización en la ciudad de Trujillo como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Cementos portland para construcción en general

Tipo	Denominación
IS	Cemento Portland con escoria de alto horno
IP	Cemento Portland puzolánico
IL	Cemento Portland – caliza
I (PM)	Cemento Portland puzolánico modificado
IT	Cemento Portland adicionado ternario
ICo	Cemento Portland compuesto

Fuente. NTP 334.090, 2013

2. Agregados

Para la presente investigación se empleó los siguientes agregados: piedra de 1/2 pulgada y arena gruesa procedentes de la Cantera Tripa ubicada en el distrito de Huanchaco con razón social denominada: Transportes y agregados Maconsa EIRL. Los agregados, que también reciben el nombre de áridos, son materiales granulares que al ser mezclados con cemento portland y agua conforman un todo compacto. (Condori, 2016).

Agregado Grueso

Corresponde al material que queda dentro del tamiz 4.75 mm (N.º 4) se encuentra en su estado natural o triturada (piedra partida), sus partículas deben tener perfiles angulares, compactas y resistentes, deberán estar libres de impurezas perjudiciales para las mezclas de concreto, la norma ASTM C33 y la NTP 400.037 recomiendan tener en cuenta que, la granulometría no debe tener más del 5% del agregado retenido en el tamiz de 1 ½ pulgada y no más del 6% del agregado que pasa por el tamiz de ¼ pulgada (Armas, 2016).

Agregado Fino

Este material es empleado como llenante de una mezcla de concreto que proviene de la descomposición de las rocas que pasa por el tamiz 9.51 mm (3/8") y queda retenido en el tamiz 0.075 mm (N.º 200), sus partículas deben estar limpias, debe presentar perfiles angulares y resistentes y debe estar libre de impurezas perjudiciales para las mezclas de concreto. Debe cumplir los parámetros establecidos dentro de la NTP 400.037 que recomienda considerar, después de realizar la granulometría, el porcentaje retenido entre dos mallas consecutivas no supere el 45%. (Llanos, 2014).

Propiedades físicas de los agregados

A continuación, se mencionan algunas de las propiedades físicas de los agregados que empleamos en esta investigación.

Peso específico: Para calcular el peso específico de los agregados dividimos el peso de las partículas entre el volumen de las mismas. Para realizar el cálculo empleamos los procedimientos indicados en las normas NTP 400.021 y NTP 400.022 (Galicia, 2016).

Peso unitario: Para calcular el peso unitario de los agregados dividimos el peso de las partículas entre el volumen total considerando los vacíos entre ellos. (Galicia, 2016).

El Manual de Ensayo de Materiales (MEM, 2016), que emplea como referencia las norma ASTM C29 y la NTP 400.017, especifica los procedimientos para realizar dicho ensayo, para ello se emplea un molde metálico en el que se coloca la muestra de agregado para calcular el peso unitario suelto (PUS) y para calcular el peso unitario compactado (PUC) se coloca el material dentro del molde en tres partes iguales, compactando cada capa por varillado con 25 golpes.

Para calcular los pesos unitarios empleamos lo siguiente:

$$\text{Peso unitario suelto húmedo} = \frac{\text{Peso de muestra}}{\text{Volumen del molde}}$$

$$\text{Peso unitario suelto seco} = \frac{\frac{\text{Peso de muestra}}{\text{Volumen del molde}}}{(1 + \% \text{ de contenido de humedad})}$$

$$\text{Peso unitario compactado seco} = \frac{\frac{\text{Peso de muestra}}{\text{Volumen del molde}}}{(1 + \% \text{ de contenido de humedad})}$$

Contenido de Humedad: Corresponde a la cantidad de agua que permanece retenida en el interior de las partículas de los agregados dentro de un tiempo determinado. Es una característica de gran importancia que determina el incremento de agua a la mezcla de concreto. (Galicia, 2016).

La norma ASTM C566 y la NTP 339.185 indican los procedimientos de obtención del contenido de humedad:

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra seca}} * 100$$

Absorción: Corresponde a la cantidad de agua que puede absorber el agregado después de ser inmerso en agua por un tiempo aproximado de 24 horas. (Moy, 2013). El ensayo de absorción se realiza mediante los procedimientos descritos en las normas ASTM C127 y la NTP 400.021 para agregados gruesos y las normas ASTM C128 y la NTP 400.022 para agregados finos.

3. Agua

El agua por ser uno de los componentes esenciales para las mezclas de concreto debe cumplir dos funciones, permitir la hidratación del cemento y mejorar la trabajabilidad de la mezcla. El cemento requiere agua entre un 25% y un 30% de la masa de cemento para hidratarse, sin embargo, para que la mezcla obtenga una adecuada trabajabilidad será necesario emplear agua en un 40% de la masa de cemento. (Condori, 2016).

El agua empleada en la preparación y curado del concreto debe ser en general agua potable que cumpla con la norma ASTM C59 agua de amasado para el concreto (Sika, 2009).

4. Aditivos

Los aditivos son componentes distintos de los agregados, agua y cemento portland que se adicionan durante el mezclado del concreto para mejorar sus propiedades. (Montalvo, 2015), existe una variedad de aditivos que se emplean de acuerdo a las necesidades de cada proyecto de los cuales se mencionan los siguientes:

Aditivos acelerantes: Es un material que se adiciona al concreto durante el mezclado, su finalidad es acortar el tiempo de fraguado para ganar resistencia a temprana edad.

Aditivos retardadores: Se emplean para alargar la velocidad de fraguado. Su finalidad retrasar el fraguado inicial cuando el transporte del concreto debe hacerse a grandes distancias.

Aditivos incorporadores de aire: Este aditivo incorpora en el concreto burbujas de aire de 1 mm de diámetro para mejorar la manejabilidad en zonas con bajas temperaturas aumentando la resistencia al congelamiento.

Aditivos plastificantes: este aditivo se adiciona a la mezcla del concreto con la finalidad de disminuir el contenido de agua en el concreto y aumentar considerablemente la facilidad de colocación, consolidación y permitir el acabado del concreto en estado fresco. Una de las características resaltantes de este aditivo es el aumento de las resistencias mecánicas que le brinda a la mezcla, también le ofrece una mejor trabajabilidad. Además, reduce la formación de cangrejas, aumenta la impermeabilidad y durabilidad del concreto. Es usado para losas, vigas, columnas, cisternas, escaleras, cimentaciones, entre otros.

1.3.1.3. Propiedades del concreto

Trabajabilidad

Se define como la propiedad del concreto en su estado fresco que establece su facilidad para ser mezclado, transportado, colocado, vibrado y vaciado en su postura final para su adecuada consolidación con una pérdida minúscula de homogeneidad. La trabajabilidad está sujeta a diversos factores como el contenido de agua de mezclado, la fluidez de la pasta, forma y textura superficial de los agregados, condiciones climatológicas, condiciones de producción y colocación, entre otros. (Pacheco, 2017).

Una manera de medir la trabajabilidad del concreto es mediante la realización del ensayo de asentamiento o cono de Abrams que luego nos dará como resultado una medida cuantitativa llamada Slump. (Montalvo, 2015).

Resistencia

El hormigón, tanto a compresión, tracción y corte, y sus características, tales como son el módulo de elasticidad y la relación de Poisson, son empleadas por el proyectista para el diseño de las estructuras. Estas aceptan la influencia de los tipos y cantidades de los materiales que forman parte del hormigón, y la forma de puesta en obra. En virtud de esto, deben usarse métodos de verificación de la calidad del hormigón (Quiroz y Salamanca, 2006).

Los especímenes a ser ensayados, deben estar sujetos a la tolerancia de resistencia según la edad que tengan, deben alcanzar un determinado porcentaje: a 7 días 70%, a 14 días 80% y a 28 días 100%. (NTP 339.034, 2014)

Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se define como la medida máxima de la resistencia a la carga axial, es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras. Se determina efectuando ensayo en probetas cilíndricas con dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

Resistencia a la flexión

Corresponde a la medida de resistencia a tracción del concreto, es decir mide la resistencia a la falla por momento de una viga de concreto no reforzada. Para determinar dicha resistencia se aplica la carga sobre vigas con sección transversal de 6 x 6 pulgadas y con una longitud mínima de 3 veces su espesor. El valor de la resistencia a flexión se expresa como Modulo de Rotura (M_r). Para un ensayo de flexión el módulo de rotura corresponde al esfuerzo máximo en la fibra al producirse la falla. (Galicia, 2016).

En obras de estructuras hidráulicas, es posible que la permeabilidad sea de mayor importancia que la resistencia. La permeabilidad y la absorción son de carácter fundamental debido a su relación con todo tipo de acciones que dañan el hormigón. El movimiento del agua a través del cuerpo puede abarcar efectos osmóticos. Esto ocurre cuando el agua se inserta en un cuerpo poroso, como liquido o vapor, dado por atracción capilar, o impulsada hacia el interior de ese cuerpo bajo presión o introducida por una combinación de las anteriores (Quiroz y Salamanca, 2006).

Durabilidad

Es la facultad para soportar la acción del medio ambiente, ataques químicos, abrasión y otras condiciones de servicio; de tal forma que sus cualidades y propiedades se conserven a lo largo de su vida útil. Para que el hormigón conserve su forma original y sea durable, tiene que ser de calidad y servible al ser expuesto al medio ambiente. Esto depende mucho de sus propiedades y de las prácticas de puesta en obra, de igual forma está en función de las condiciones en las cuales se encuentra y por eso es de suma importancia investigar bien

el medio ambiente y las características a las que será sometido, y así lograr diseñar una mezcla económica que presente un excelente comportamiento (Quiroz y Salamanca, 2006).

1.3.1.4. Curado del concreto

El concreto para hidratarse requiere agua en un 25% de la masa de cemento, para ello los especímenes elaborados para ensayos de flexión se deben curar bajo agua saturada con hidróxido de calcio a $23,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$, ya que su hidratación es posible en un espacio saturado. Para hidratar el concreto mencionamos dos métodos de curado siendo el segundo el más recomendable para especímenes elaboradas en laboratorio:

Mediante el empleo de rociadores: Este método se emplea cuando se trata de losas (pisos de puentes, pavimentos, techos planos) aplicando agua frecuentemente para mantener el concreto bajo cierto nivel de humedad

Por inmersión: Este método proporciona mejores resultados, pero en la práctica presenta algunos inconvenientes debido a que se debe sumergir completamente el elemento de concreto.

La norma ASTM C59, indica que el agua empleada para el curado debe ser en general agua potable, que cumpla la norma de agua de amasado para el concreto.

1.3.1.5. Diseño de mezclas

Un diseño de mezclas está relacionado con el empleo de diversas técnicas y conocimientos de los componentes del concreto y como estos interactúan entre sí, obteniéndose como resultado un material con adecuadas características que logre cumplir con los requerimientos de cada proyecto (Rivva, 2000).

El comité 211 ACI establece un método de diseño de mezclas que se emplea con mayor frecuencia hoy en día, el método se desarrolla mediante el empleo de datos presentados en diferentes cuadros de los cuales se obtienen los valores de los materiales que forman parte de los componentes del concreto.

Para realizar un diseño de mezclas el comité 211 ACI recomienda considerar los siguientes datos: a) Tipo de cemento a emplear, b) Resistencia a la compresión del concreto en Kg/cm^2 , c) Peso específico del cemento en gr/cm^3 , d) Slump requerido, e) Peso específico del agua en Kg/m^3 , f) Datos del agregado grueso y fino como: Perfil, Peso unitario suelto en Kg/m^3 ,

Peso unitario compactado en Kg/m³, Peso específico en Kg/m³, Módulo de fineza, Tamaño máximo nominal (TMN), Porcentaje de absorción y Porcentaje de humedad.

Procedimiento para realizar un adecuado diseño de mezcla de concreto recomendado por el comité 211 ACI.

1. Cálculo de la resistencia promedio requerida (f'_{cr}).

La resistencia promedio requerida está en función de la resistencia del concreto a utilizar, por ello necesitamos conocer nuestra resistencia a la compresión del concreto.

Cálculo de la desviación estándar

a) Cuando se tiene la desviación estándar.

Se presentan una forma de encontrar la desviación estándar: Si se cuenta con valores obtenidos en probetas estándar, para ello se debe realizar con anterioridad ensayos en laboratorio con probetas estándar empleando moldes de 150 mm de diámetro con una altura de 300mm para construir probetas, luego se debe realizar la ruptura de las probetas para registrar el valor de la resistencia a la compresión de cada probeta con la finalidad de obtener:

$X_i = \text{valores de resistencia obtenidos en probetas estandar}$

$\bar{X} = \text{Promedio de valores de resistencia obtenidos en probetas estandar}$

Los datos que se obtienen se reemplazan en la siguiente fórmula para calcular la desviación estándar.

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Donde:

S = Desviación estándar

N = Número de ensayos de la serie

X_1, X_2, X_n = Resultado de resistencia de muestras de ensayos individuales

\bar{X} = Promedio de todos los ensayos individuales en una serie

De acuerdo con el comité 211 ACI se reemplaza la desviación estándar obtenida anteriormente en las ecuaciones 1 y 2 para calcular la resistencia promedio requerida, al desarrollar cada ecuación se obtendrán dos valores de los cuales elegimos el mayor.

$$F'_{cr} = F'c + 1.33xS \dots \dots \dots (1)$$

$$F'_{cr} = F'c + 2.33xS - 35 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

S = Desviación estándar en Kg/cm²

- b) Cuando no se cuenta con registros de resistencia de probetas correspondientes a obras anteriores.

Cuando no se tiene ningún otro dato que la resistencia a la compresión del concreto empleamos los valores indicados en el cuadro 2:

Cuadro 2. Resistencia a la compresión promedio

F'c	F'cr
Menos de 210	F'c+70
210 – 350	F'c+84
> 350	F'c+98

Fuente. Diseño de mezclas - Laura, 2006

- c) Teniendo en cuenta el control de calidad en obra se pueden emplear los valores mostrados en el cuadro 3.

Cuadro 3. Control de calidad en obra

Nivel de control	F'cr
Regular o malo	1.3F'c a 1.5F'c
Bueno	1.2F'c
Excelente	1.1F'c

Fuente. ACI

2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso

El tamaño máximo nominal (TMN) corresponde al menor tamiz de la serie empleada en el que se obtiene el primer retenido (NTP 339.047).

De acuerdo con la norma ASTM C 33, los valores mostrados en el cuadro 4 corresponden a las curvas granulométricas para tamaños nominales que comprenden los tamices entre 2 pulgadas y 3/8 pulgada (Rivva, 2000).

Cuadro 4. TMN comprendidos entre 2" y 3/8"

Tamaño Máximo Nominal	Porcentajes que pasan por las siguientes mallas							
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N.º 4	N.º 8
2"	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0.5	-
1 1/2"	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0.5	-
1"	-	100	95-100	-	25-60	-	0.1	0.5
3/4"	-	-	100	90-100	-	20-55	0.1	0.5
1/2"	-	-		100	90-100	40-70	0.15	0.5
3/8"	-	-			100	85-100	10-30	0.1

Fuente. Diseño de mezclas – Rivva, 2000

El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en su norma E 060 recomienda que el TMN del agregado grueso no debe ser mayor de: a) 1/5 de la menor dimensión entre las caras del encofrado, b) 1/3 del peralte de la losa, c) 3/4 del espacio libre mínimo entre barras individuales de refuerzo, paquetes de barras, tendones o ductos de presfuerzo.

3. Selección del asentamiento (Slump)

Las mezclas de concreto de acuerdo a su consistencia se clasifican en: a) Mezclas secas cuando presentan un asentamiento entre 0mm y 50mm, b) Mezclas plásticas cuando presentan un asentamiento entre 75mm y 100mm, c) Mezclas fluidas donde el asentamiento es mayor a 125mm (Chapoñan y Quispe, 2017).

Si en las especificaciones técnicas de una obra no se indican los valores de asentamiento para mezclas a diseñarse, es necesario seleccionar un valor adecuado de los cuadros 5 y 6.

Cuadro 5. Asentamientos recomendados para varios tipos construcciones

Tipo de construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y muros de subestructuras	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas	4"	1"
Lozas y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo y masivo	2"	1"

Fuente. Diseño de mezclas - Chapoñan y Quispe, 2017

Cuadro 6. Asentamientos recomendados para estructuras hidráulicas

Tipos de estructuras	Asentamiento
	Máximo
Construcciones macizas	2"
Revestimiento de canales	3"
Losa horizontal ligeramente inclinadas	2"
Arcos y paredes laterales de túneles	4"
Otros tipos de estructuras en concreto reforzados	3"

Fuente. ACI

4. Selección del volumen unitario de agua

Según el comité 211 ACI el cuadro 7 permite seleccionar el volumen unitario de agua requerida para la mezcla de concreto cuando los agregados se encuentran en estado seco con o sin aire incorporado de modo que se obtenga una consistencia determinada.

Cuadro 7. Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	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	-
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	175	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente. Diseño de mezclas – Chapoñan y Quispe, 2017

Los datos obtenidos del cuadro anterior corresponden a valores máximos de agregado grueso de perfil angular y granulometría comprendida dentro de los límites de la Norma ASTM C33.

$$\text{Volumen de agua (m}^3\text{)} = \frac{\text{Contenido de agua de mezclado (lt/m}^3\text{)}}{\text{Peso específico del agua (1000 kg/m}^3\text{)}}$$

5. Selección del contenido de aire total

En el cuadro 8 se presentan valores correspondientes al contenido de aire de la mezcla de concreto de acuerdo al tamaño máximo nominal del agregado grueso.

Cuadro 8. Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal de agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.0 %
1/2"	2.5 %
3/4"	2.0 %
1"	1.5 %
1 1/2"	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

Fuente. Diseño de mezclas – Laura, 2006

6. Selección de la relación agua/cemento (a/c) por resistencia

La relación agua-cemento de diseño se refiere a la cantidad de agua que se utilizará en la mezcla de concreto teniendo como una condición real de humedad que el agregado no absorbe ni aporta agua a la mezcla.

La selección de la relación a/c se realizará bajo dos criterios (por resistencia y por durabilidad), de los cuales debemos elegir el menor de los valores obtenidos.

Por resistencia: En el cuadro 9 de acuerdo con el comité 211 ACI se muestra valores de relación agua/cemento en peso permisible para valores desiguales de resistencia en concretos con o sin aire incorporado.

Cuadro 9. Relación agua/cemento por resistencia

F'cr 28 días	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente. Diseño de mezclas – Chapoñan y Quispe, 2017

Recordar que si los valores de resistencia a la compresión del concreto y la relación a/c no se encuentren tal como se muestra en el cuadro 9, se debe interpolar para obtener los valores adecuados haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$X_0 \dots \dots \dots Y_0$$

$$X_? \dots \dots \dots Y_?$$

$$X_1 \dots \dots \dots Y_1$$

$$Y_2 = \frac{(Y_1 - Y_0)(X_2 - X_0)}{X_1 - X_0} + Y_0$$

Por durabilidad: de acuerdo a lo indicado en el RNE en su norma E 060, se contempla que, si se quiere obtener un concreto menos permeable, o cuando esté sometido a condiciones especiales en estado de humedad deberá cumplir con los requisitos indicados en el cuadro 10.

Cuadro 10. Máxima relación agua/cemento para concretos expuesta a condiciones especiales.

Condiciones de exposición	Relación agua/cemento
Concreto de baja permeabilidad	
Expuesto a agua dulce	0.50
Expuesto a agua de mar o aguas saladas	0.45
Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45
Concreto expuesto a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda	
Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45
Otros elementos.	0.50
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de agua de mar, aguas salobres, neblina o rocío de esta agua.	0.40
Si el recubrimiento mínimo aumenta en 15 mm.	0.45

Fuente. Diseño de mezclas – Laura, 2006

7. Cálculo del contenido de cemento

Luego de realizar el cálculo del volumen unitario de agua por unidad de volumen del concreto y seleccionar la relación agua-cemento, calcularemos el factor b/b_0 cemento por unidad cúbica de concreto, para ello dividimos el volumen unitario de agua expresado en litros por metro cubico, entre la relación agua-cemento, esta operación nos permite obtener el número de kilos de cemento por unidad cúbica de concreto a utilizar.

$$\text{Contenido de cemento (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de agua de mezclado (lt/m}^3\text{)}}{\text{relacion a/c (para } f'cr\text{)}}$$

$$\text{Volumen de cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{contenido de cemento (kg)}}{\text{peso específico del cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

8. Cálculo de la cantidad de cemento en bolsas

La cantidad en bolsas de cemento por metro cubico de concreto se obtiene dividiendo el contenido de cemento entre el peso de la bolsa de cemento.

9. Selección del contenido de agregado grueso

De acuerdo con el comité 211 ACI en el cuadro 11 se presentan valores para calcular el contenido de agregado grueso en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso y del módulo de fineza del agregado fino. Esto permite obtener un coeficiente b/b_0 al dividir el peso seco del agregado grueso requerido por unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso expresado en kg/m^3 .

Cuadro 11. Volumen del agregado grueso por unidad de volumen de concreto

Tamaño máximo del agregado grueso		Volumen de agregado grueso seco y compactado			
		Por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
		Módulo de fineza del agregado fino			
mm	pulg	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
25	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Diseño de mezclas – Laura, 2006

Según ASTM C 29, el agregado grueso se encuentra en el estado de seco compactado.

Para el cálculo del contenido de agregado grueso a partir del coeficiente b/b_0 , proporciona que los concretos tengan una trabajabilidad adecuada para un concreto armado tradicional.

10. Corrección por humedad y absorción del agregado

El agua que se añade a la pasta para formar la mezcla de concreto se puede ver afectada por la humedad que presenten los agregados, es decir si los agregados están secos, estos influirán en el mezclado disminuyendo la relación agua/cemento y afectando la trabajabilidad de las mezclas; por otro lado, si los agregados se encuentran superficialmente húmedos estos aportarán agua a la mezcla, aumentando la relación a/c y la trabajabilidad, pero disminuirá la resistencia del concreto. Por ello para evitar este inconveniente se deben realizar los respectivos cálculos.

Por lo tanto, si:

$$\text{Agregado fino} = \begin{cases} \text{Humedad} = \%w \\ \% \text{ absorción} = \%a \end{cases}$$

$$\text{Agregado grueso} = \begin{cases} \text{Humedad} = \%w \\ \% \text{ absorción} = \%a \end{cases}$$

Peso de los agregados húmedos

$$\text{Peso de A. grueso húmedo (Kg)} = (\text{Peso de A. G. seco}) \left(1 + \frac{\%w}{100} \right)$$

$$\text{Peso de A. fino húmedo (Kg)} = (\text{Peso de A. F. seco}) \left(1 + \frac{\%w}{100} \right)$$

Agua efectiva

$$\text{Agua en A. G.} = (\text{Peso del A. G. seco}) \left(\frac{\%w - \%a}{100} \right) \dots \dots (1)$$

$$\text{Agua en A. F.} = (\text{Peso del A. F. seco}) \left(\frac{\%w - \%a}{100} \right) \dots \dots (2)$$

$$\text{Agua neta (lt)} = \text{Agua de diseño} - (\text{ecua. 1} + \text{ecua. 2})$$

1.3.2. Fibras en el concreto

Fibra de acero –Sika Fiber CHO 65/35 NB

Son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra. Estas fibras son utilizadas para reforzar el concreto

tradicional y concreto proyectado (shotcrete) principalmente pegadas para permitir la homogenización en el concreto, eludiendo la aglomeración de las fibras individuales. (Sika, 2015)

Usos

Las fibras brindan al concreto una alta capacidad de soporte en un amplio rango de aplicaciones y principalmente cuando se busca reducir tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; brindándole ductilidad y ampliando la tenacidad del concreto. Son empleadas para concretos prefabricados reforzados; también para losas de pisos que son pavimentos rígidos (tráfico ligero, medio y alto) en cimientos y losas de concreto ya que pueden sustituir el refuerzo secundario (malla de temperatura), en fundaciones para equipos con vibración, aeropuertos, puertos, tanques, reservorios, etc.

Características

Incrementa la resistencia del concreto a la fatiga, evitando fisuras e impactos en la estructura, reduce la fisuración por retracción, no afecta a los tiempos de fraguado, aumenta la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión), su condición de pegado asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda, relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento, extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

Fibra de polipropileno – Sika Fiber PE

Es una fibra sintética de alta tenacidad que es empleada como refuerzo para evitar el agrietamiento de concretos y morteros. Están compuestas por la aleación de monofilamentos reticulados y enrollados. Durante el mezclado se dividen aleatoriamente en la masa de concreto generando una red tridimensional muy uniforme.

Usos

Está planificado para el empleo de morteros, elementos prefabricados, losas de concreto (techos, pavimentos, placas, etc.), revestimientos de canales, concreto proyectado (shotcrete), etc.

Características y ventajas

Su adición sustituye a la armadura que está dada para absorber las tensiones que se generan durante el fraguado y endurecimiento del concreto, dándole capacidades significativas como

mejorar la resistencia al impacto, baja aparición de fisuras por retracción, , incremento significativo del índice de tenacidad del concreto, en mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la compresión, reduce la fragilidad, y la acción es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

1.3.3. Ensayos de mecánica de suelos

1.3.3.1. Granulometría para agregados gruesos y finos

La granulometría distribuye las dimensiones de las partículas consolidadas como una sola masa de agregados, el análisis granulométrico consiste en separar una muestra representativa del agregado en partículas de igual tamaño, este proceso se le denomina como granulometría (Rivera, 2013).

Una forma de realizar la granulometría es mediante el ensayo por tamizado ya que permite determinar los porcentajes de suelo que pasan los distintos tamices de la serie empleada para dicho ensayo, hasta el de 74 mm (N.º 200).

Equipos

Dos balanzas. Una con una aproximación de 0,1 g y sensibilidad de 0,1% para agregado fino, otra con aproximación de 0,5 g y exactitud de 0,1% para agregado grueso, estufa con capacidad de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Materiales

Tamices de malla cuadrada seleccionados de acuerdo a las especificaciones de los materiales a ensayar.

La cantidad de muestra de agregado fino después de secadas debe ser de 300 gr como mínimo.

La cantidad de muestra de agregados finos y gruesos después de secadas debe ser de acuerdo a lo indicado en el MEM, norma MTC E 204 (análisis granulométrico de agregados gruesos y finos).

Recipientes. Apropriados para el manejo y secado de las muestras de suelo.

Brochas y cepillos. Para realizar la limpieza de las mallas de los tamices.

Procedimiento

Como paso previo al ensayo, una porción de la muestra aproximadamente 500 gr se coloca en una tara ya pesada, se pesa la muestra y se le coloca al horno para secarla a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo aproximado de 24 horas, transcurrido el tiempo se extrae, se coloca dentro del tamiz N.º 200 para lavar la muestra ligeramente con la mano hasta que el agua que sale sea completamente clara, al finalizar el proceso de lavado colocar la muestra nuevamente al horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 24 horas, pasado el tiempo se extrae la muestra del horno, se pesa la muestra para obtener el contenido de finos.

Nota: Cuando se desea resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para el ensayo debido que el resultado es poco afectado por el contenido de humedad a menos que:

- a) El Tamaño Máximo nominal sea menor de 12 mm (1/2")
- b) El agregado grueso tenga una cantidad apreciable de finos menos que el tamiz N.º 4,75 mm (Nº4).

Teniendo lista la muestra y el grupo de tamices adecuado en orden decreciente de tamaño, se procede a colocar la muestra dentro del tamiz superior, posteriormente se cubre con una tapa para evitar la pérdida de material, si no se cuenta con agitador mecánico se realiza el tamizado manualmente moviendo el grupo de tamices de un lado hacia el otro y mediante movimientos circulares con la finalidad de mantener la muestra en constante movimiento por un tiempo aproximado de un minuto. Al finalizar se retira cuidadosamente los tamices y se procede a pesar el suelo retenido en cada tamiz con aproximación del 0,1 % para calcular los porcentajes que pasan y los retenidos.

Finalmente se calcula la sumatoria de la masa total de los incrementos individuales para revisar si este difiere en más del 0.3 % de la masa de la muestra original

Cálculos

Cálculo del porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N.º 200)

$$\%Pasa\ 0.074 = \frac{Peso\ total - Peso\ retenido\ por\ el\ tamiz\ 0.074}{Peso\ total} \times 100$$

Cálculo del porcentaje retenido dentro de cada tamiz.

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

Cálculo del porcentaje más fino

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido \text{ acumulado}$$

1.3.3.2. Densidad

Las partículas del agregado están conformadas por masa del agregado, vacíos que se comunican con la superficie llamados poros permeables o saturables y vacíos que no se comunican con la superficie, es decir que quedan en el interior del agregado llamados poros impermeables o no saturables (Rivera, 2013).

1.3.3.3. Absorción y humedad

Absorción

Es la capacidad que presentan los agregados para colmar los vacíos de su estructura interna, al sumergirlos en agua por un tiempo determinado. La absorción expresada en porcentaje corresponde a un incremento del peso de un material seco. Esta característica de los materiales pétreos que dependen de la porosidad es de gran interés, por ello se debe tener en cuenta para realizar las modificaciones necesarias en la dosificación de mezclas de concreto. (Rivera, 2013).

Humedad

El contenido de humedad viene a ser la cantidad de agua que contienen los agregados en un tiempo determinado. El porcentaje de humedad corresponde a la cantidad de agua, es expresada como porcentaje de la muestra secada al horno, pudiendo ser mayor o menor que el porcentaje de absorción. Los agregados por lo general los encontramos con cierto porcentaje de humedad en sus partículas que varía con el paso del tiempo, por esta razón es indispensable realizar con frecuencia ensayos para determinar el contenido de humedad, esta práctica permite realizar modificaciones en el diseño de una mezcla.

1.3.3.4. Peso específico de masa

Es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base a su volumen (MEM, 2016).

1.3.4. Ensayos en el concreto

1.3.4.1. Concreto en estado fresco

Asentamiento

El ensayo del cono de Abrams es el método más empleado y normado por la NTP 339.035 para medir la consistencia del concreto. Este ensayo se utiliza para definir el asentamiento del concreto en obras y en laboratorio con un control apropiado de los materiales empleados en el concreto. El ensayo de asentamiento se realiza en concretos con agregados gruesos de hasta 37.5 mm (1 ½ pulgadas) (MEM, 2016).

Equipo

El equipo a utilizar radica en una placa rectangular con dimensiones que deje fluir el concreto sobre la misma sin salir hacia los lados, un molde (cono de Abrams) con dimensiones de 200 mm de abertura en la base mayor, 100 mm de abertura en la base menor y una altura de 300 mm, con una permisibilidad de ± 2 mm en sus dimensiones; una varilla de acero con punta redondeada con un diámetro de 16 mm ± 2 mm y longitud máxima de 600 mm; una cuchara con capacidad de tomar porciones y ponerlas dentro del cono y una regleta con longitud mínima de 300 mm.

Procedimiento

Para empezar el ensayo se debe humedecer el interior del cono y todas las herramientas a utilizar con aceite mineral, asentar la base en una superficie plana y libre de vibraciones, pisar y mantener firme el cono con los pies durante todo el ensayo, llenar la mezcla de concreto dentro del molde en tres partes iguales, cada una de ellas a 1/3 de su volumen aproximadamente.

Se debe llenar la primera capa a un tercio de su volumen varillándola luego unas 25 veces en todo su espesor, distribuyendo de manera uniforme los apisonamientos sobre la sección

transversal de la capa, para la segunda capa se debe llenar el molde con un volumen aproximado de 2/3 de su totalidad varillando la capa 25 veces en todo su espesor penetrando unos 25 mm de la primera capa, para la tercera capa es necesario sobrellenar con masa de hormigón el molde o cono de Abrams varillando la capa unas 25 veces en todo su espesor penetrando aproximadamente 25 mm de la segunda capa, posteriormente de haber compactado la capa se debe enrazar con movimiento de enrollado retirando el exceso de concreto del borde superior del molde y la placa base para que el concreto pueda fluir con normalidad, finalmente levantar el cono en un tiempo de 5 ± 2 segundos para medir y registrar la distancia entre el centro original del concreto desplazado y la barra.

Temperatura

Conforme con la norma ASTM C1064, el ensayo se ejecuta con la finalidad de determinar la temperatura del concreto en estado fresco de tal forma que cumpla con los requerimientos específicos de temperatura, la finalidad de este ensayo se debe a la influencia de la temperatura del ambiente y el calor específico de los materiales del concreto que condicionan el endurecimiento inicial del mismo.

Equipo

1. Dispositivo de medición de temperatura (Termómetro bimetálico de al menos 0,5°C de exactitud)
2. Carretilla
3. Pala o cucharón

Procedimiento

Conforme a la norma ASTM C1064, se coloca el dispositivo de medición de temperatura dentro de la muestra de concreto fresco, de tal manera que este sumergido al menos 3 pulgadas dentro de la mezcla por un tiempo mínimo de 2 minutos. Se debe realizar este ensayo dentro de los 5 minutos posteriores a la toma de muestra.

Densidad

Este ensayo se emplea para determinar la densidad del concreto, se calcula mediante la división de la masa neta sobre el volumen del molde, la masa neta se consigue descontando

la masa del molde vacío de la masa del molde lleno de concreto. (ASTM C138 y NTP 339.046).

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \text{ --- (1)}$$

$$M_{neta} = M_c - M_m \text{ --- (2)}$$

Donde:

D = Densidad o peso unitario en (Kg/m³)

M_c = Masa del molde lleno de concreto (Kg)

M_m = Masa del molde vacío (Kg)

V_m = Volumen del molde (m³)

M_{neta} = Masa neta, masa del concreto (Kg)

Contenido de aire

El ensayo se ejecuta mediante el método por presión, su objetivo es determinar porcentaje de aire atrapado dentro de la mezcla, el contenido de aire atrapado en el concreto está en función de las proporciones y las características físicas de los agregados que constituyen la mezcla de concreto y el método de compactación del mismo.

El ensayo radica en colocar la muestra dentro del molde con el número de capas requeridas según el método de consolidación (envarillado), haciendo empleo del medidor de aire tipo B se debe bombear aire hasta que la aguja del dial de presión este por debajo de cero, luego se procede a liberar la presión para luego observar la medida en el dial de presión correspondiendo al porcentaje del contenido de aire en el concreto (ASTM C231 y NTP 339.80).

1.3.4.2. Concreto en estado endurecido

Ensayo de resistencia a la flexión

Este tipo de ensayo se efectúa comúnmente sobre vigas de forma prismática y sección transversal cuadrada, confeccionadas de acuerdo a la investigación con hormigón simple y otras de hormigón reforzadas con fibras de acero y polipropileno, con dimensiones de 6 x 6 x 24 pulgadas con una tolerancia del 2% en sus dimensiones. El ensayo se realiza según las normas ASTM C78 y la NTP 339.078, para ello los especímenes deben cumplir los requerimientos señalados en la norma MTC E 709 COCRETO (método de ensayo para

determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo), aplicables a especímenes prismáticos (vigas), (MEM, 2016).

Procedimiento

De acuerdo con el MEM, para realizar el ensayo de resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente cargadas a los tercios del tramo, se debe girar la muestra con respecto a su posición de moldeo centrándolo por encima de los bloques de carga. El sistema de carga debe centrarse con relación a la fuerza aplicada. Los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen deben colocarse en los puntos tercios entre los apoyos, para aplicar una carga entre el 3% y el 6% de la carga última estimada. Mediante el uso de calibradores de lámina normalizados de 0,1 mm y de 0,38mm, se determina si en una longitud de 25 mm o más, se presenta un vacío entre la muestra y la superficie del bloque, mayor o menor al espesor de los calibradores. Para eliminar cualquier vacío o separación mayor a 0,1 mm se deben pulir las superficies de contacto del espécimen, o se completan con láminas de cuero con un espesor uniforme de 6,4 mm y un ancho entre 25 y 50 mm, extendiéndose en todo el ancho del espécimen. Ver figura 1.

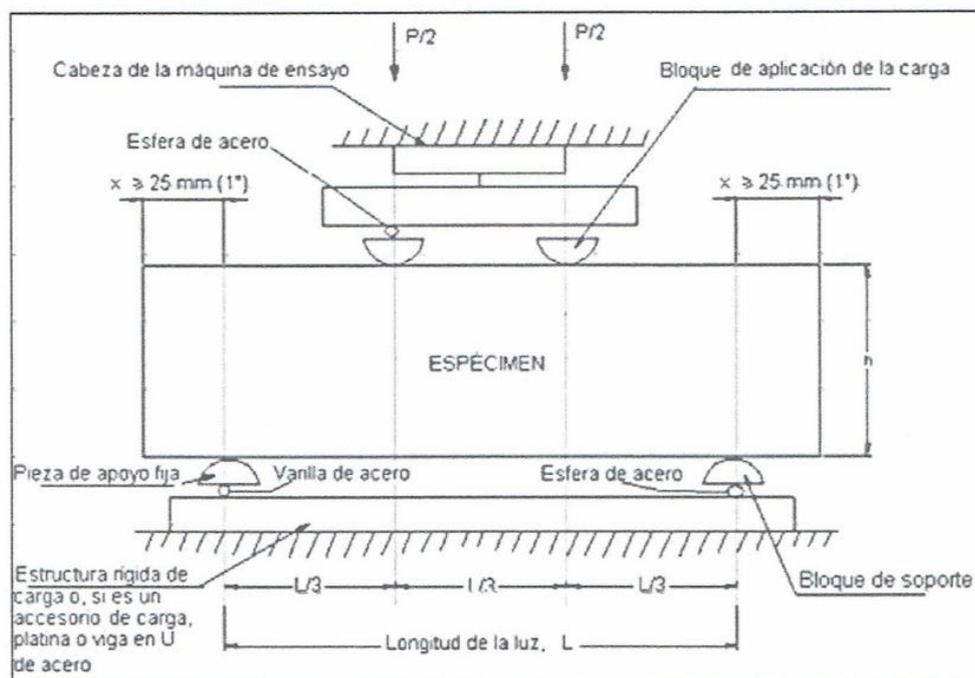


Figura 1. Equipo adecuado para realizar el ensayo de flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz.

La carga debe aplicarse de manera constante sin alteraciones, incrementando el esfuerzo entre (0.9 Mpa/min y 1.2 Mpa/min), hasta que ocurra la rotura. Para calcular la rata de incremento de carga se utilizó la siguiente ecuación.

$$r = \frac{2Sbh^2}{3L}$$

Donde:

r = rata de carga N/min

S = rata de incremento de la tensión en la fibra extrema Mpa/min (psi/min),

b = ancho promedio de la viga (mm)

d = altura promedio de la viga (mm)

L = longitud del tramo (mm)

Después que se ha realizado el ensayo se debe medir las dimensiones tanto a los bordes como al centro del espécimen a una precisión de 1,3 mm para determinar ancho y altura promedio, y el punto de fractura del espécimen. Si la falla ocurre dentro del tercio medio de la luz, el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula

$$Mr = \frac{PL}{bh^2}$$

Donde:

Mr = módulo de rotura, en MPa

P = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, en N

L = longitud de la luz libre entre apoyos, en mm

b = ancho promedio del espécimen en el punto de fractura, en mm

h = altura promedio del espécimen en el punto de fractura, en mm

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de las de fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto?

1.5. Justificación del estudio

Técnica: La investigación a realizar, busca la implementación de los materiales de construcción convencionales que se tienen en la actualidad, permitiendo mejorar las propiedades mecánicas y físicas del concreto mediante la incorporación de fibras de acero y polipropileno.

Teórica: Los estudios requeridos se elaboraron mediante testigos prismáticos en laboratorio según la Norma Técnica Peruana (NTP), American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Concrete Institute (ACI), considerando las dosificaciones del concreto correspondientes.

Metodológica: La información necesaria para la investigación se recopila de fuentes seguras y veraces, posteriormente hacemos uso de la misma al aplicarla en la realidad. Se tendrá en cuenta el uso de herramientas estadísticas para el tratamiento de datos y análisis de los resultados

Práctica: Se obtiene resultados precisos con respecto a la resistencia a la flexión de los especímenes convencionales y fibroreforsados, para ser analizados mediante herramientas estadísticas. Dichos resultados pueden ser empleados para próximos estudios a futuro.

1.6. Hipótesis

Al adherir fibras de acero y polipropileno en la mezcla de concreto se logra mejorar la resistencia a la flexión del concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, proporcionando una resistencia adicional en los elementos ensayados.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la adición de fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018.

1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis granulométrico de los agregados para verificar que se encuentren dentro de los límites normativos.

- Realizar el diseño de mezclas convencional para un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ que será patrón de comparación con las mezclas con adición de fibras de acero y polipropileno.
- Obtener la resistencia máxima alcanzada a la flexión del concreto reforzado con fibras de acero y polipropileno.
- Comparar la resistencia a la flexión de un concreto convencional y un concreto reforzado con fibras de acero y polipropileno.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

Se empleó un diseño de investigación experimental puro con post prueba únicamente y grupo control (Sampieri, 2014). Donde se evaluó el efecto que produce la adición de fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto. El esquema del diseño es el siguiente:

$$RG_1 \quad X_1 \quad O_1$$

$$RG_2 \quad X_2 \quad O_2$$

$$RG_3 \quad X_3 \quad O_3$$

$$RG_4 \quad - \quad O_4$$

Donde:

RG1, 2, 3: Grupos experimentales aleatorios

RG4: Grupo control

X1: Dosificación de fibras de acero y polipropileno al 10%

X2: Dosificación de fibras de acero y polipropileno al 15%

X3: Dosificación de fibras de acero y polipropileno al 20%

O1, 2, 3,4: Medición de la resistencia a la flexión a edades de 14 y 28 días.

2.2. Variables, Operacionalización

Variable Independiente: Fibras de acero y polipropileno.

Variable Dependiente: Resistencia a la flexión.

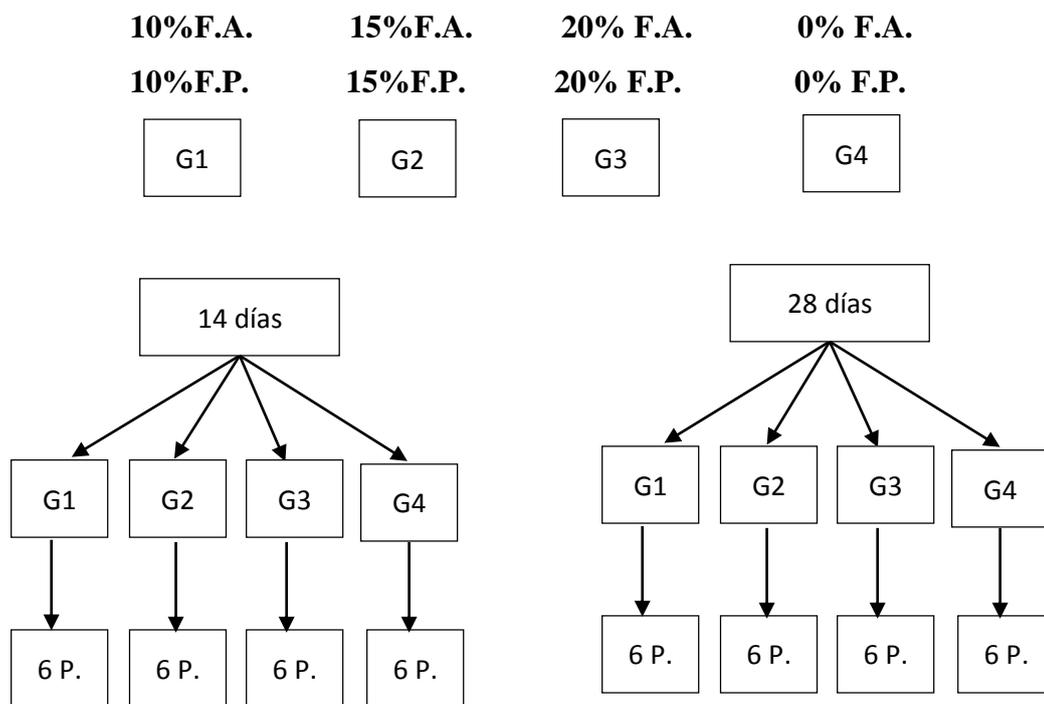
Cuadro 12. Operacionalización de variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	La resistencia a la flexión se puede definir como la medida máxima a la tracción del concreto (hormigón). Es una magnitud de la resistencia a la falla por momento de una losa o viga de concreto no reforzada. (ASTM C78)	La resistencia a la flexión se mide mediante la aplicación de cargas en vigas de concreto de 6 x 6 pulgadas (150 x 150 mm) de sección transversal y con una luz mínima de tres veces su espesor. Se reporta en kg/cm ² , los ensayos se realizarán de acuerdo a la norma ASTM C78 y la NTP 339.078.	Kg/cm ²	Cuantitativa de razón
FIBRAS DE ACERO	Sika Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad que se emplean para reforzar el concreto tradicional y el concreto proyectado, su finalidad es facilitar la homogenización del concreto evitando la aglomeración de las fibras individuales, (Sika, 2015).	La fibra de acero se mide en kg/m ³ , en donde se tomará como base referencial las proporciones establecidas por el fabricante de la fibra "Sika Fiber CHO 65/35 NB". En el presente estudio se usaron proporciones de 10%, 15% y 20%	Kg/cm ²	Cuantitativa de razón
FIBRAS DE POLIPROPILENO	Sika Fiber PE, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros. Sika Fiber PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados. Durante la mezcla Sika Fiber PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme. (Sika, 2015).	La fibra de polipropileno se mide en kg/m ³ , en donde se tomará como base referencial las proporciones establecidas por el fabricante de la fibra Sika Fiber PE. En el presente estudio se usaron proporciones de 10%, 15% y 20%	Kg/cm ²	Cuantitativa de razón

2.3. Población y muestra

Población: La población de estudio en esta investigación está compuesta por un concreto patrón con resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ elaborado por una mezcla de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua, al cual se le adiciona fibras de acero y fibras de polipropileno.

Muestra: Para la presente investigación se emplea los parámetros descritos en la Norma Técnica Peruana 339.034 (2008) donde indica que un resultado de ensayo de resistencias es el promedio de 2 cilindros ensayados a una misma edad, por ello para nuestra investigación empleamos como muestra 48 especímenes distribuidos equitativamente en cada grupo control y experimental de acuerdo a los días de curado.



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

Técnicas: Para desarrollar esta investigación se aplicó la técnica de la observación experimental de los especímenes de concreto que se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad César Vallejo, siguiendo los procedimientos descritos en las normas técnicas peruanas y las internacionales (ASTM), como son:

NTP 339.035 CONCRETO (Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento portland)

NTP 339.184 HORMIGÓN-CONCRETO (Método de ensayo para determinar la temperatura de las mezclas de hormigón-concreto)

ASTM C78 y NTP 339.078 CONCRETO (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas cargadas en los tercios del tramo)

Instrumentos: Fichas de registro (Anexos 5 y 6)

2.5. Métodos de análisis de datos

Se realizó una base de datos en Excel para almacenar información obtenida de los ensayos de resistencia a la flexión, que posteriormente permitieron representar los resultados obtenidos en la investigación mediante cuadros y figuras. Luego se realizó el traslado los datos al programa SPSS para posteriormente llevarlo a un análisis de varianza (ANOVA), y finalmente se empleó la prueba post- hoc Tukey.

2.6. Aspectos éticos

La investigación se realizó empleando todos los parámetros que indiquen las normas vigentes sin copia y/o adulteración de datos. También se contó con los permisos correspondientes de las instituciones donde se realizaron los ensayos de los especímenes.

III. RESULTADOS

En la presente investigación estudió el comportamiento de los agregados que se emplean en la industria de la construcción, para ello es necesario obtener muestras representativas del material que fue sometido a pruebas de laboratorio, las muestras fueron adquiridas directamente de la zona de extracción (cantera Transportes y agregados Maconsa EIRL, conocida mayormente como Cantera Tripa) localizada en el distrito de Huanchaco, provincia de Trujillo. Se da a conocer los resultados obtenidos del análisis de los ensayos de laboratorio que se emplearon para realizar el cálculo del diseño mezcla de concreto, con los resultados obtenidos se elaboró los especímenes prismáticos y las pruebas de concreto en estado fresco, posteriormente se realizó pruebas de resistencia a la flexión de los testigos de concreto. Los especímenes y las pruebas en concreto fresco se desarrollaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo y los ensayos de resistencia a la flexión se ejecutó en el laboratorio de concreto y reciclado de la Universidad Nacional de Trujillo.

A continuación, se detallan los ensayos realizados para determinar las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos que se emplean para realizar las mezclas de concreto en la presente investigación, verificando que cumplan con los parámetros de las normas nacionales e internacionales.

3.1. Análisis del agregado fino

3.1.1. Ensayo de Granulometría

El análisis granulométrico del agregado fino se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo siguiendo los procedimientos descritos en la norma ASTM C136 y la NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Para ello se consideró una muestra de 500 gr de agregado fino que se obtuvo de la cantera tripa. Una vez ordenados los tamices en forma descendente desde tamiz N.º 3/8" hasta N.º 200, incluyendo el fondo, se procedió a realizar el ensayo con el que se determinó los pesos retenidos en cada tamiz, luego se realizó el cálculo de los porcentajes que pasan por cada tamiz, verificando que dichos porcentajes se encuentren dentro de los límites para los porcentajes que pasan descritos en la norma ASTM C33 (fine aggregate) como se muestra en el cuadro 13, al finalizar con los cálculos correspondientes se logró determinar un módulo de fineza de 2.66.

Cuadro 13. Granulometría agregado fino

Malla (Pulg)	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
3/8"	9.5	0,0	0.0	0.0	100.0
N.º 4	4.75	16.5	3.3	3.3	96.7
N.º 8	2.36	76.8	15.4	18.7	81.3
N.º 16	1.18	80.1	16.1	34.8	65.2
N.º 30	0.6	39.5	7.9	42.8	57.2
N.º 50	0.3	143.8	28.9	71.6	28.4
N.º 100	0.15	113.5	22.8	94.4	5.6
N.º 200	0.075	19.4	3.9	98.3	1.7
Plato		8.3	1.7	100.0	0.0
		497.9			

El cálculo del MF corresponde a la suma de los porcentajes retenidos entre las mallas N.º 4 y N.º 100, dividiendo el resultado entre 100.

$$\text{Cálculo del módulo de fineza} = \left(\frac{3.3 + 18.7 + 34.8 + 42.8 + 71.6 + 94.4}{100} \right)$$

Módulo de fineza = 2.66

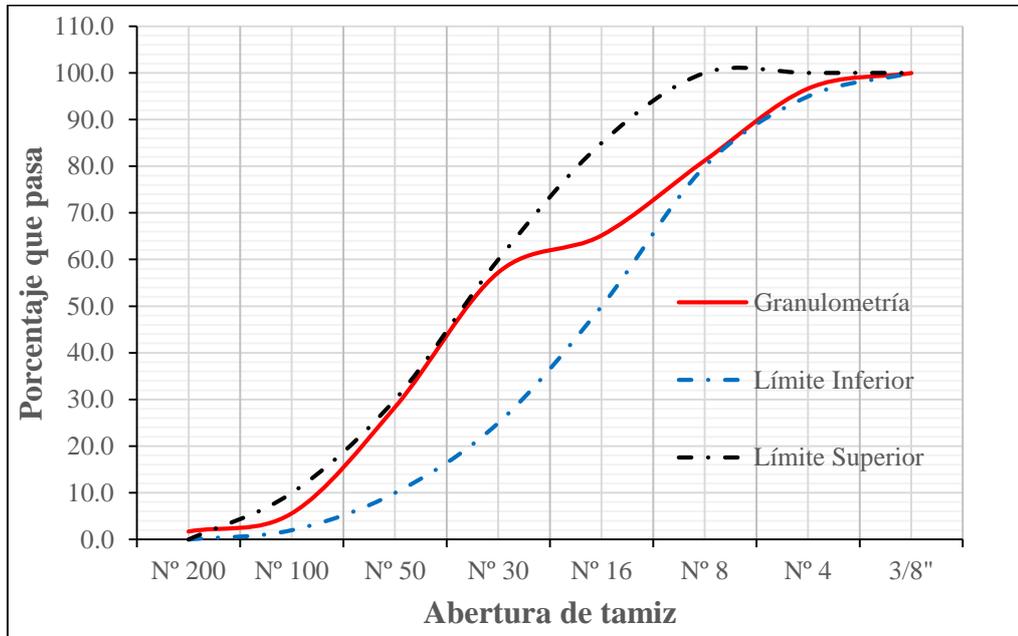


Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino – Límites AST C33

En la figura 2 podemos observar que el agregado fino que empleamos en nuestro estudio es adecuado para elaborar la mezcla de concreto debido a que se encuentra dentro de los límites normativos detallados en la norma ASTM C33 (fine aggregate).



Figura 3. Tamices ordenados de manera descendente desde el N.º 3/8” hasta N.º 200, incluyendo el plato. Granulometría agregado fino.

3.1.2. Peso unitario suelto y compactado

Para realizar el ensayo de pesos unitarios del agregado fino se tomó en cuenta los procedimientos indicados en el MEM en su norma MTC E 203 (Peso Unitario y Vacíos de los Agregados) que emplea como referencia la norma ASTM C29 y la NTP 400.017 (agregados).

Para realizar la práctica se utilizó un molde metálico estandarizado con un volumen de 3026 centímetros cúbicos, en el cual se colocó el agregado fino tanto estado suelto como compactado (envarillado) para calcular su peso, los resultados del ensayo se muestran en el cuadro 14.

Cuadro 14. Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Elemento	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)
Arena	1525.89	1726.48

Detalles en Anexo 2



Figura 4. Cálculo del peso unitario del agregado fino.

3.1.3. Determinación de peso específico y absorción

Para realizar el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se empleó los procedimientos descritos en la norma ASTM C128 y la NTP 400.022: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. Para ello se pesó 500 gr de muestra saturada con superficie seca, posteriormente se colocó el material dentro de la fiola adicionando agua destilada hasta el límite de capacidad (500 cm³) para realizar el baño maría con la finalidad de eliminar los vacíos existentes dentro de la muestra. Terminado el proceso, se dejó enfriar a una temperatura entre $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$, finalmente se extrajo la muestra de la fiola para colocarla en el horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo aproximado de 20 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se retiró la muestra del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se determinó su peso, en el cuadro 15 se muestran los resultados del cálculo del peso específico.

Cuadro 15. Peso específico y absorción del agregado fino

Elemento	Descripción	Unidad	Peso específico
Arena	Peso específico de la masa	gr/cm ³	2.58
	Peso específico aparente	gr/cm ³	2.70
	Absorción	%	1.77

Detalles en Anexo 2



Figura 5. Determinación del peso específico del agregado fino.

3.1.4. Determinación del contenido de humedad

Para realizar el ensayo de contenido de humedad del agregado fino se empleó los procedimientos descritos en la NTP 339.185: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Se procedió a pesar 500 gr de muestra en su estado natural, luego se colocó al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo aproximado de 20 ± 4 horas, finalmente se extrae la muestra del horno para pesar y realizar los cálculos del contenido de humedad como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Contenido de humedad del agregado fino

Elemento	Contenido de humedad (%)
Arena	1.96

Detalles en Anexo 2



Figura 6. Muestra de agregado fino secada al horno

3.2. Análisis del agregado grueso

3.2.1. Ensayo de granulometría

El ensayo de granulometría del agregado grueso se realizó teniendo en cuenta la norma ASTM C136 y la NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Para ello se tomó una muestra de 3000 gr de agregado grueso que se obtuvo de la cantera del distrito de Huanchaco. Una vez ordenados los tamices en orden descendente desde el tamiz N.º 2" hasta el N.º 4, se procedió a realizar el ensayo con el que se determinó los pesos retenidos en cada tamiz, luego se realizó el cálculo de los porcentajes que pasan por cada tamiz, verificando que dichos porcentajes se encuentren dentro de los límites para los porcentajes que pasan descritos en la norma ASTM C33 (coarse aggregate) como se muestra en el cuadro 17, al finalizar con los cálculos correspondientes se logró determinar un tamaño máximo de 1 ½ pulgada y un tamaño máximo nominal de 1 pulgada.

Cuadro 17. Granulometría agregado grueso

Malla (Pulg)	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido	% retenido acumulado	% que pasa
2"	50.8	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.4	48.46	1.6	1.6	98.4
¾"	19.05	247.08	8.2	9.9	90.1
½"	12.7	1021.70	34.1	43.9	56.1
3/8"	9.5	680.50	22.7	66.6	33.4
N.º 4	4.755	940.50	31.4	98.0	2.0
Plato		59.50	2.0	100.0	0.0
		2997.74			

Empleando la norma NTP 339.047 HORMIGÓN – CONCRETO (Definiciones y terminología relativas al hormigón y agregados), se determinó lo siguiente:

Tamaño Máximo = 1 1/2 pulg

Tamaño Máximo Nominal = 1 pulg

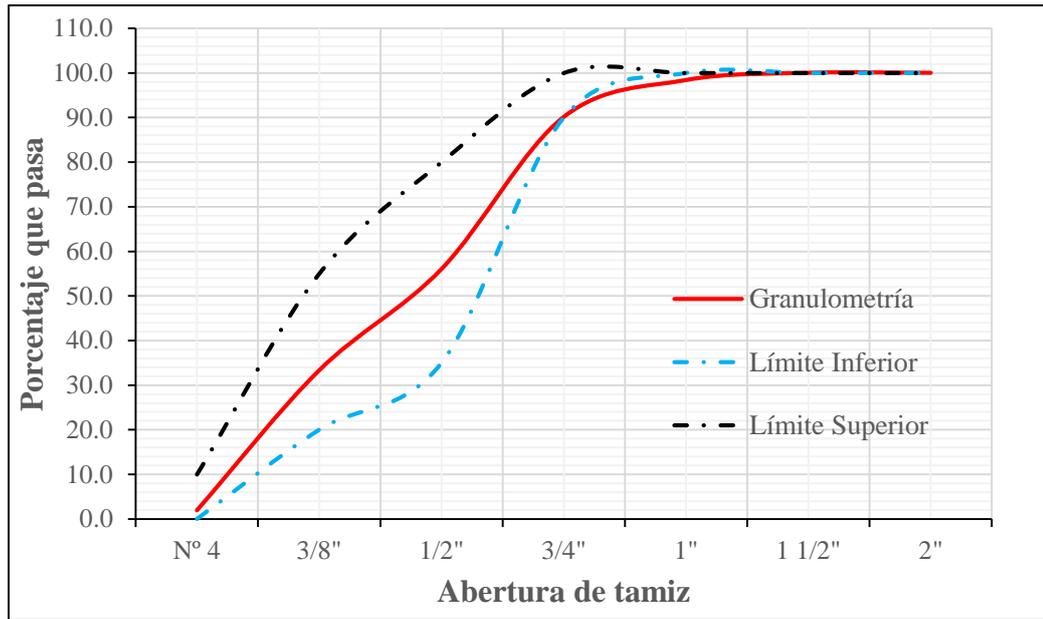


Figura 7. Curva granulométrica del agregado grueso – Límites ASTM C33

En la figura 7 observamos que el agregado grueso que empleamos en nuestro estudio es adecuado para elaborar la mezcla de concreto debido a que se encuentra dentro de los límites normativos detallados en la norma ASTM C33 (coarse aggregate).



Figura 8. Tamices ordenados de manera descendente N.º 2" hasta N.º 4 y el plato. Granulometría agregado grueso.

3.2.2. Peso unitario suelto y compactado

Para realizar el ensayo de peso unitario del agregado grueso se tomó en cuenta los procedimientos descritos en el MEM en su norma MTC E 203 (peso unitario y vacíos de los agregados) que emplea como referencias la norma ASTM C 29 y la NTP 400.017: Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

Para realizar la práctica se utilizó un molde metálico estandarizado con un volumen de 10134 centímetros cúbicos, en el cual se colocó el agregado fino tanto estado suelto como compactado (envarillado) para calcular su peso como se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso

Elemento	Peso unitario suelto (kg/m ³)	Peso unitario compactado (kg/m ³)
Grava	1482.64	1578.37

Detalles en Anexo 3



Figura 9. Peso unitario suelto y compactado del agregado grueso.

3.2.3. Determinar el Peso específico y absorción

Para realizar el ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se empleó los procedimientos descritos en la norma ASTM C127 y la NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Para ello se pesó aproximadamente 2000 gr de muestra saturada con superficie seca, posteriormente se colocó el material dentro del horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por un tiempo aproximado de 20 ± 4 horas, transcurrido el tiempo se retiró la muestra del horno, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se determinó su peso, posteriormente se procedió a lavar la muestra de agregado para eliminar polvo o materia adherida y se mantuvo sumergido en agua por un tiempo aproximado de 24 horas, transcurrido el tiempo se extrajo la muestra del agua y se

colocó sobre un paño absorbente hasta que desaparezca el agua superficial de las partículas. A continuación, se determinó su peso sumergido en agua a una temperatura de 23°C, en el cuadro 19 se muestran los resultados del cálculo del peso específico.

Cuadro 19. Peso específico y absorción del agregado grueso

Elemento	Descripción	Unidad	Peso específico
Grava	Peso específico de la masa	gr/cm ³	2.59
	Peso específico aparente	gr/cm ³	2.74
	Absorción	%	2.12

Detalles en Anexo 3



Figura 10. Peso específico y absorción del agregado grueso

3.2.4. Determinación del contenido de humedad

Para realizar el ensayo de contenido de humedad del agregado fino se empleó los procedimientos descritos en la NTP 339.185 (Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado). Se procedió a pesar 1500 gr de muestra en su estado natural, luego se colocó al horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ por un tiempo aproximado de 20 ± 4 horas, finalmente se extrae la muestra del horno para pesar y realizar los cálculos del contenido de humedad como se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Contenido de humedad del agregado grueso

Elemento	Contenido de humedad (%)
Grava	0.61

Detalles en Anexo 3



Figura 11. Muestra de agregado grueso secada al horno

3.3. Características del cemento

En cuadro 21 se muestran las características físico-químicas del Cemento Pacasmayo Extraforte (Tipo ICo) proporcionados por el fabricante (Anexo 7).

Cuadro 21. Características físico-químicas del cemento

Propiedades Químicas	Requisito NTP 334.090	Resultado
MgO	Máximo 6%	2.3%
SO ₃	Máximo 4%	2.4%
Propiedades Físicas		
Contenido de aire	Máximo 12%	5%
Superficie específica	No específica	5440 cm ² /gr
Densidad	No específica	2.96 gr/ml
Resistencia Compresión a 3días	Mínimo (133 kg/cm ²)	206 kg/cm ²
Resistencia Compresión a 7días	Mínimo (204 kg/cm ²)	264 kg/cm ²
Resistencia Compresión a 28días	Mínimo (255 kg/cm ²)	335 kg/cm ²
Fraguado Inicial	Mínimo 45 (min)	124 min
Fraguado Fina	Máximo 420 (min)	254 min

Fuente. Características del Cemento Portland. Cementos Pacasmayo SAA

3.4. Diseño de mezclas de concreto por el método ACI

En el cuadro 22 se muestra el resumen del análisis de agregados y en el cuadro 23; 24 se muestra el resumen de cálculo del diseño de mezclas patrón o convencional con resistencia característica de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ realizados empleando el Método del Comité 211 ACI (Detalles en Anexo 4).

Cuadro 22. Resumen propiedades físicas de los agregados

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico de la masa	2.58 gr/cm ³	2.59 gr/cm ³
Absorción	1.77 %	2.12 %
Contenido de humedad	1.96 %	0.61 %
Módulo de fineza	2.66	-
Tamaño máximo nominal	-	1 pulg
Peso unitario compactado	1726.48 kg/m ³	1578.37 kg/m ³
Peso unitario suelto	1525.89 kg/m ³	1482.64 kg/m ³

Cuadro 23. Diseño de mezclas de concreto para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con relación a/c de 0,56

Material	Proporción en peso	Peso en Kg	% de mezcla
Cemento	1,00	345,6	14,9
Arena	1,96	678,2	29,3
Grava	3,14	1086,6	46,9
Agua	0,60	208,1	9,0
Total, para 1 m ³		2318,5	100,0

Cuadro 24. Proporciones finales en volumen de mezcla

Cemento	Arena	Grava	Agua
1	1.93	3.18	25.59



3.5. Descripción de la muestra

Para elaborar los especímenes prismáticos se construyó moldes con dimensiones estándar de 6 x 6 x 24 pulgadas de acuerdo a la norma ASTM C192, empleando triplay fenólico resistente a la humedad.

3.6. Construcción de las muestras

Para elaborar los especímenes del grupo control (concreto patrón), se realizó el cálculo los pesos de los materiales que conforman una mezcla de concreto (cemento, agregado fino, agregado grueso y agua) usando como referencia los cálculos del diseño de mezclas. Para la presente investigación se elaboró 24 especímenes para una edad de 14 días de curado, empleando 6 probetas para grupo control y 18 probetas distribuidas para cada adición de fibras de acero y polipropileno (10%, 15% y 20%). De igual manera se elaboraron especímenes para una edad de 28 días de curado bajo las mismas proporciones.



Figura 12. Elaboración y curado de especímenes

3.7. Ensayos en concreto fresco

3.7.1. Temperatura

Para realizar el ensayo de temperatura del concreto se empleó el procedimiento descrito en el MEM en su norma MTC E 724 que emplea como referencias la norma ASTM C1064 y la NTP 339.184 (Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto). El ensayo se realizó empleando un termómetro cuyo intervalo de temperatura esta entre 0°C a 50°C, se procedió a tomar la temperatura introduciendo el termómetro dentro de la mezcla de concreto por un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura este estable. Se determinó que la adición de fibras de acero y polipropileno en la mezcla de concreto no afecta la temperatura del concreto, obteniéndose una temperatura de 22.4°C.



Figura 13. Toma de temperatura del concreto

3.7.2. Asentamiento

Mediante los ensayos realizados en concreto fresco se determinó que el concreto patrón presento un asentamiento de 3.75 pulgadas (94 mm), a diferencia del concreto con adición de fibras de acero y polipropileno en 10%, 15% y 20% donde se observó que fue disminuyendo a medida que se incrementaba el porcentaje de fibras en la mezcla, llegando a presentar un asentamiento de 3.5 pulgadas (88 mm) en la proporción de 20% de fibras.



Figura 14. Medición del asentamiento del concreto en estado fresco

3.8. Ensayos en concreto endurecido

Los ensayos de resistencia a la flexión para los especímenes de concreto elaborados en laboratorio, se realizaron en la facultad de ingeniería de materiales (Laboratorio de concreto y reciclado) de la Universidad Nacional de Trujillo según la norma ASTM C78 y la NTP 339.078 CONCRETO (Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo).

3.8.1. Resistencia a la flexión del concreto a 14 días de curado

En el cuadro 25 se muestra los promedios de los ensayos de resistencia a la flexión de los especímenes de concreto.

Cuadro 25. Promedios de resistencia a la flexión del concreto en kg/cm^2

Ensayos	0%	10%	15%	20%
Ensayo1	28.8	27.8	27.0	27.8
Ensayo2	28.3	27.7	24.0	28.7
Ensayo3	32.1	30.3	26.8	26.8

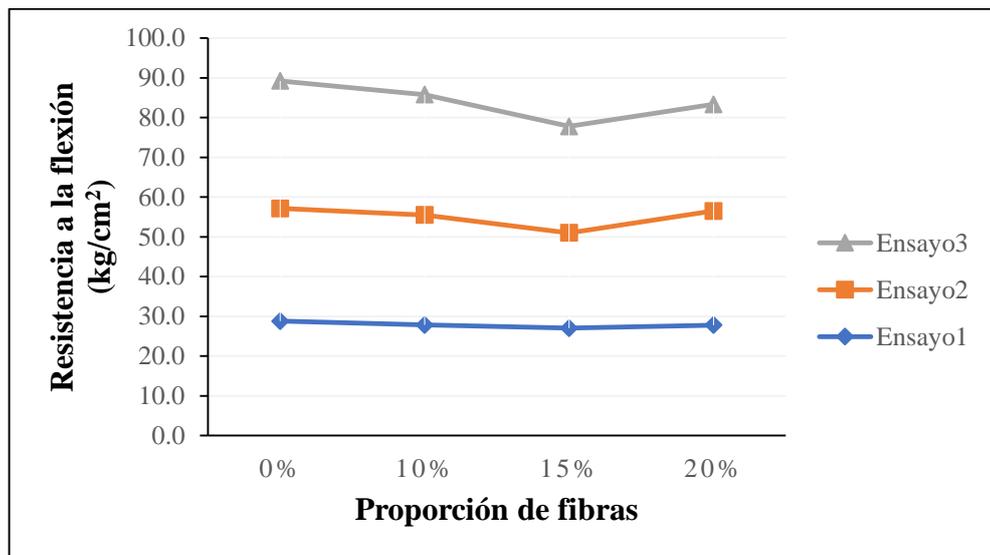


Figura 15. Resistencia a la flexión del concreto con relación a la proporción de fibras de acero y polipropileno realizado a los 14 días de curado

En la figura 15 observamos que los valores del promedio de resistencia a la flexión de cada dos especímenes ensayados a la edad de 14 días de curado, tanto para concreto patrón como concreto fibroreforzado no presentan gran diferencia en la resistencia.

3.8.2. Resistencia a la flexión del concreto a 28 días de curado

En el cuadro 26 se muestra los promedios de los ensayos de resistencia a la flexión de los especímenes de concreto.

Cuadro 26. Promedios de resistencia a la flexión del concreto en kg/cm^2

Ensayos	0%	10%	15%	20%
Ensayo1	29.2	30.6	29.9	32.1
Ensayo2	29.2	31.7	31.5	30.9
Ensayo3	32.0	30.3	28.9	34.3

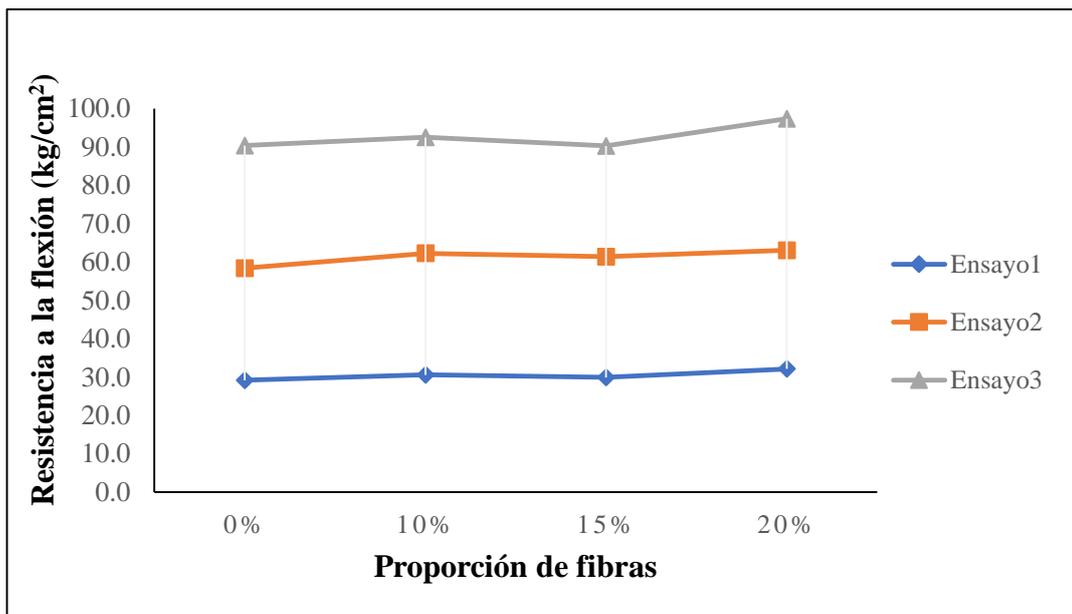


Figura 16. Resistencia a la flexión del concreto a diferentes proporciones de fibras de acero y polipropileno realizado a los 28 días de curado

En la figura 16 observamos que los valores del promedio de resistencia a la flexión de cada dos especímenes ensayados a la edad de 28 días de curado, tanto para concreto patrón como concreto fibroreforzado presentan un aumento significativo en la resistencia, resaltando un valor de 34.3 kg/cm² en el ensayo número 3.

3.8.3. Diferencia porcentual de resistencia a la flexión del concreto

La adición de fibra de acero y polipropileno en el concreto generó un incremento significativo en la proporción de 20% obteniéndose un 7.7% del módulo de rotura a flexión en especímenes ensayados a los 28 días, como se muestra en el cuadro 27.

Cuadro 27. Diferencia porcentual de resistencia a la flexión del concreto

Mezcla	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)		Deformación máxima (mm)	Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)		Deformación máxima (mm)
	14 días	% alca.		28 días	% alca.	
RG4 - 0%	29.8	80.0 *	1.7	30.1	100.0 *	1.8
RG1- 10%	28.6	76.9	1.7	30.9	102.4	1.8
RG2 -15%	25.9	69.8	1.5	30.1	99.9	1.8
RG3 -20%	27.8	74.7	1.6	32.5	107.7	1.9

Nota: *Tolerancias de resistencia según la edad de curado del concreto. NTP 339.034

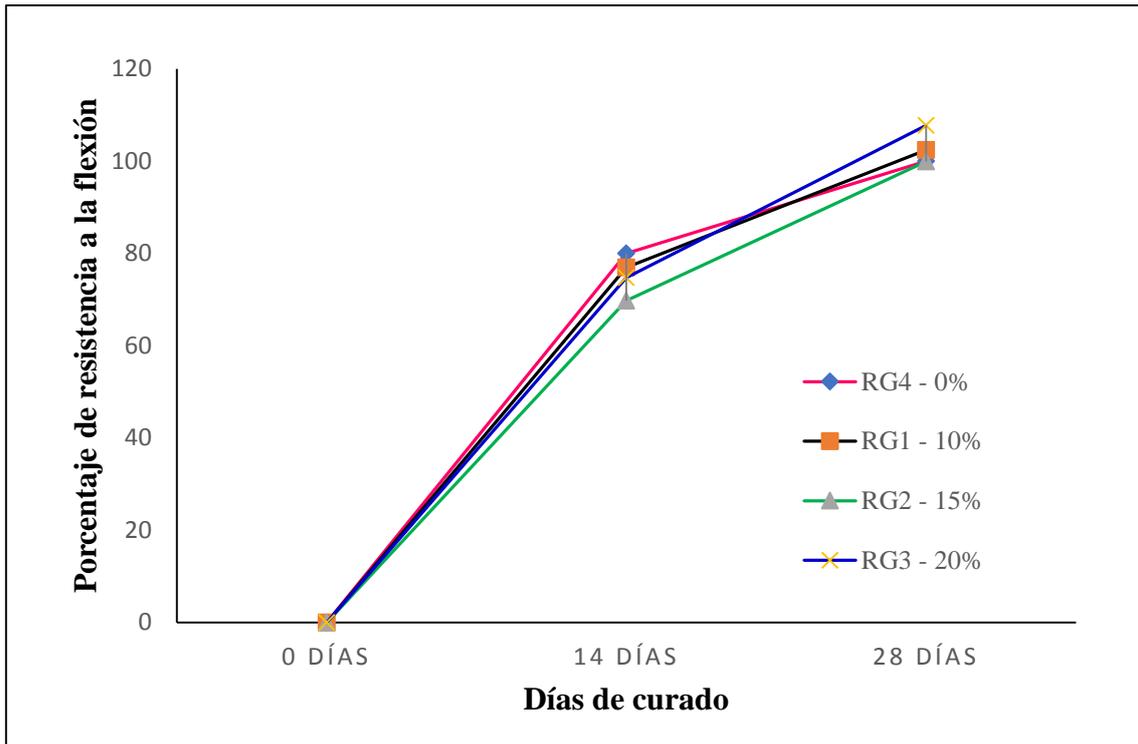


Figura 17. Porcentajes de resistencia a la flexión del concreto con relación a los días de curado

En la figura 17 observamos que los días de curado influye mucho en la resistencia del concreto, por lo que los especímenes ensayados a los 14 días de curado tienden a disminuir porcentualmente su resistencia, mientras que los especímenes ensayados a los 28 días de curado presentan porcentualmente un aumento significativo en la resistencia.

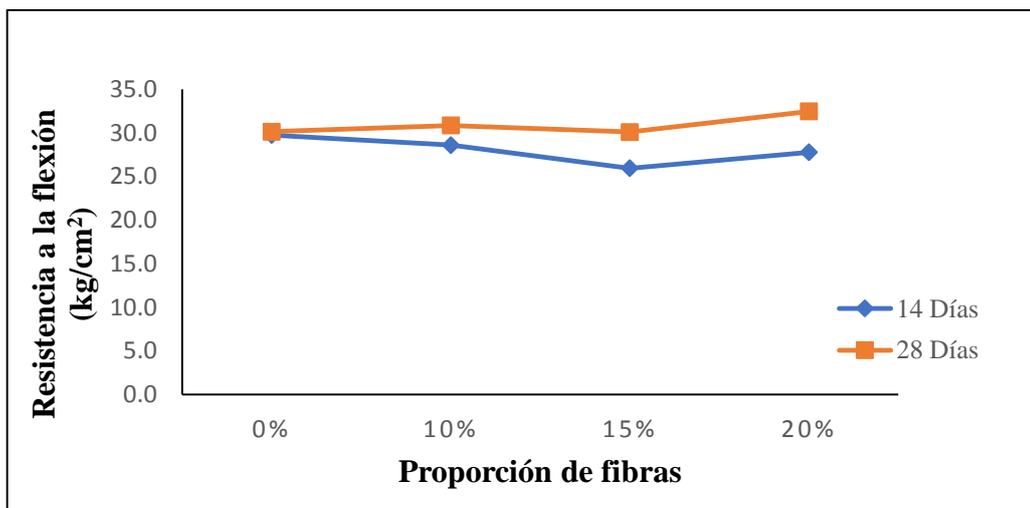


Figura 18. Resistencia a la flexión del concreto a diferentes proporciones de fibras ensayados a 14 y 28 días de curado.

3.8.4. Análisis estadístico de resultados

Las muestras representativas ensayadas a los 28 días de edad cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$) a excepción de la muestra RG4 como se muestra en el cuadro 28, por lo tanto, se empleó la prueba estadística Kruskal-Wallis como se detalla en el cuadro 29.

Cuadro 28 Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Estadístico		gl	Sig.
RG4	0.750	3	0.000
RG1	0.902	3	0.391
RG2	0.983	3	0.747
RG3	0.972	3	0.679

Cuadro 29. Prueba no paramétrica Kruskal – Wallis para los valores de resistencia a la flexión en especímenes de concreto ensayados a los 28 días de edad.

Estadísticos de prueba ^{a,b}	VALORES
H de Kruskal-Wallis	4.451
gl	3
Sig. asintótica	0.217

La prueba no paramétrica Kruskal Wallis determina que la significancia es mayor a 0.05 por lo tanto no existe diferencia significativa entre los promedios de los especímenes ensayados (RG1 – RG4), como se observa en el cuadro 29.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Propiedades del concreto en estado fresco

4.1.1. Temperatura

El ensayo se realizó siguiendo los procedimientos de la norma ASTM C1064 y la NTP 339.184: Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto).

Se alcanzó una temperatura de 22.4°C para un diseño de mezcla de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en todas las proporciones de mezcla, determinando que el empleo de fibras en la mezcla de concreto no hace variar la temperatura, considerando que en la ciudad de Trujillo ésta oscila entre 17°C y 24°C. Armas, (2016), concluye que la adición de fibras en el concreto no genera variación en la temperatura de la mezcla. Cabe destacar que de las investigaciones indicadas en los trabajos previos solo el autor mencionado desarrolló ensayos de temperatura al concreto en su estado plástico.

4.1.2. Asentamiento

Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la NTP 339.035 CONCRETO: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto con el cono de Abrams. Respecto a los valores conseguidos en el ensayo de revenimiento, se indica que desciende a medida que se va adicionando fibras de acero y polipropileno en la mezcla de concreto, es decir que a mayor proporción de fibras incorporadas al concreto se presenta un asentamiento cada vez menor, esto se debe a que las fibras tienden a absorber el agua de mezclado y reducir la trabajabilidad del concreto, tal como indica la ficha técnica de cada producto. El concreto patrón presentó un asentamiento de 3.75 pulgadas mientras que el concreto con adición de FA Y FPP al 20% presentó un asentamiento de 3.5 pulgadas.

Los resultados obtenidos en otras investigaciones indican que el concreto presenta una disminución del asentamiento a medida que se va incrementando fibras en la mezcla, así lo demuestran Sarta y Silva (2017), Armas (2016), Ortiz (2015), Villanueva y Yaranga (2015), en algunos casos llegaron a emplear y/o recomendar el uso de aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad del concreto.

4.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

4.2.1. Resistencia a la flexión

El ensayo se realizó bajo el procedimiento de la norma ASTM C78 y la NTP 339.078: Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.

En el cuadro 25 se muestran los valores promedio de la resistencia a flexión de concreto por cada dos especímenes evaluados a los 14 días de curado, en vigas de 150 mm x 150 mm x 600 mm, apreciando que los valores de resistencia a flexión de los especímenes fibroreforzado son inferiores a los especímenes de concreto patrón. Por otro lado, se observa en el cuadro 26 que los especímenes con proporción de 20% de fibras evaluados a los 28 días de curado obtienen mayor resistencia que las probetas patrón, resaltando un promedio máximo de 34.3kg/cm².

En el cuadro 27 se detalla el valor promedio de cada 6 especímenes en todas las proporciones a estudiar, se observó que al evaluarlos a los 14 días no hubo variación porcentual importante considerando que el concreto patrón alcanza el 80% de su resistencia, los especímenes fibroreforsados descendieron aproximadamente un 4% en el módulo de rotura, a diferencia de los especímenes estudiados a los 28 días considerando que el concreto patrón alcanza el 100% de su resistencia, se observa que la proporción de 20% obtuvo un incremento de 7.7% en el módulo de rotura. Chapoñan y Quispe (2017), Sarta y Silva (2017), Armas (2016), Condori (2015), Ortiz (2015), concluyen que la adición de fibras genera un incremento en la resistencia a la flexión del concreto. Cabe recalcar que en esta investigación no se utilizó aditivos en la mezcla a diferencia de los autores mencionados que en sus investigaciones alcanzaron mayor significancia en el módulo de rotura debido al empleo de aditivo plastificante, el cual tiene la propiedad de aumentar la resistencia mecánica y mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

Por otro lado, en la figura 19 y 20 se observa que durante los ensayos en ambas edades de curado se presencié que los especímenes de concreto patrón presentaron fallas frágiles observándose su colapso total, a diferencia de los especímenes con adición de fibras en proporciones de 10%, 15% y 20% tuvieron presencia de fallas dúctiles, es decir que al aplicar las cargas en el elemento se presencié fisuramiento en su tercio central, pero la viga se mantuvo firme por la presencia de fibras. Sarta y Silva (2017), Condori (2015), Ortiz (2015), Millán (2013), en su investigación concluyen que la presencia de fibras cambia el comportamiento de una rotura frágil a una dúctil.



Figura 19. Falla frágil



Figura 20. Falla dúctil

Análisis estadístico

En el cuadro 28 se observa que los valores no presentan tendencia normal debido a que no cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$) por lo tanto, se empleó la prueba de valores no paramétricos Kruskal-Wallis como se detalla en el cuadro 29 comprobándose que la significancia entre grupos es mayor al 5% por presentar promedios de resistencia similares. Aunque estos valores estadísticamente no son significativos, porcentualmente se demostró que la adición de fibras de acero y polipropileno generan un incremento en la resistencia a la flexión del concreto corroborando la hipótesis de investigación planteada. Esto se contrasta con Armas (2016) que en su investigación los valores de resistencia a la flexión presentaron una significancia menor al 5%, esto le permitió realizar el análisis de varianza (ANOVA).

V. CONCLUSIONES

El análisis granulométrico realizado sobre muestras representativas (arena gruesa y piedra de ½ pulg.) de la cantera Transportes y Agregados Maconsa EIRL (cantera tripa), demostró que se encuentran dentro de los límites normativos detallados en la norma ASTM C 33, obteniendo para el agregado fino un módulo de fineza de 2.66 y para el agregado grueso un tamaño máximo de 1 pulg.

Se realizó el diseño de mezcla convencional para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con una relación a/c de 0.56, que fue patrón de comparación con las mezclas con fibras de acero y polipropileno. Los diseños fibroreforzados fueron realizados bajo recomendación del proveedor con proporciones en peso de fibra de acero en 25 kg/m^3 y fibra de polipropileno en 0.6 kg/m^3 , considerando para esta investigación proporciones de fibras de 10%, 15% y 20%.

La resistencia máxima a la flexión del concreto realizado en especímenes ensayados a los 28 días de curado permitió determinar un módulo de rotura de 30.1 kg/cm^2 para especímenes de concreto patrón y para especímenes con adición de fibras de acero y polipropileno en proporción de 20% se determinó un módulo de rotura de 32.5 kg/cm^2 . Por otro lado, se analizaron los efectos de la adición de fibras en el concreto concluyendo que estas disminuyen la presencia de fisuras en condiciones ambientales y no afectan la temperatura del mismo en ninguno de los casos, mientras que el asentamiento del concreto desciende a medida que se va incrementando fibras en la mezcla.

Los efectos de la adición de fibra de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión de especímenes de concreto ensayados a los 28 días de curado demostraron que, a diferencia de la resistencia alcanzada por el concreto patrón los especímenes con proporción de 20% de fibra presentaron un incremento en el módulo de rotura de 7.7%.

VI. RECOMENDACIONES

Para obtener una buena distribución de las fibras, se debe realizar un buen mezclado solo con agregados y finalmente incorporar las fibras en la mezcla considerando un par de minutos para remezclar.

Para evitar que el concreto pierda trabajabilidad se debe emplear aditivos plastificantes para compensar el agua de mezclado.

Se aconseja el empleo de fibras de acero y polipropileno en el concreto para mejorar sus propiedades tanto físicas como mecánicas, ya que estas ayudan a disminuir el fisuramiento del concreto aumentando la resistencia y durabilidad de las estructuras.

Se debe tener en cuenta que, para realizar el proceso de mezclado debemos verificar que los materiales empleados para el concreto estén libres de impurezas que al estar expuestas con el hormigón pueden sufrir cambios excesivos en su volumen, provocando esfuerzos internos suficientes como para causar agrietamientos, afectado la resistencia y durabilidad de las estructuras.

VII. REFERENCIAS.

AMERICAN Concrete Institute 318 (ACI). Regulation requirements for structural concrete. 1° Edition. United States, 2005.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C39. United States. 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C239. United States. 2015.

AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C496. United States. 2011.

ARMAS, César. Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico. Tesis. Perú: Universidad Señor de Sipán, 2016.

BLENDER. Fibras de acero dúctiles para el refuerzo del concreto. Revista Fibercon Acero. México, 2015.

CARMONA, Sergio y CABRERA, Manuel. Comportamiento al corte de hormigones reforzado con fibras de acero. CHILE, Vol. 24 N° 1. Abril 2009. Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732009000100004

CHAPOÑAN, José y QUISPE, Joel. Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H.H Villamaría-Nuevo Chimbote. Tesis. Perú: Universidad Nacional del Santa, 2017.

CONDORI, Luis. Análisis de la incidencia de las fibras de cero dramix en el comportamiento elástico del concreto empleando el cemento portland tipo IP. Tesis. Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2016.

FERNÁNDEZ, Manuel. Hormigones reforzados con fibras de acero. Madrid, Edición 2. 2013. Disponible en <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/2079/2281>

GALICIA, Mónica y VELÁSQUEZ, Marco. Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto adicionado con ceniza de rastrojo de maíz elaborado con agregado de las canteras de Cunyac y Vicho con respecto a un concreto patrón de calidad $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$. Tesis. Perú: Universidad Andina del Cusco, 2016.

Grupo La República Publicaciones. (31 de Marzo de 2013). Cada año se levantan 50 mil viviendas informales, sin licencia de construcción. La República, pág. 2. Disponible en <http://larepublica.pe/31-03-2013/cada-ano-se-levantan-50-mil-viviendas-informales-sin-licencia-de-construccion>.

GUTIÉRREZ DE LOPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. Libro, Colombia. Universidad Nacional de Colombia., 2003. I.S.B.N 958-9322-82-4

LAURA, Samuel. Diseño de mezclas de concreto. Resumen. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2006.

LLANOS, Segundo. Estudio del concreto proyectado, reforzado con fibra de polipropileno. Tesis. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Manual de Ensayo de Materiales, 2016.

MILLÁN, María, comportamiento del hormigón reforzado con fibras de polipropileno y su influencia en sus propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Tesis. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2013.

MONTALVO, Marco. Pavimentos rígidos reforzados con fibras de acero versus pavimentos tradicionales. Tesis. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015.

MOY, Noella y REMUZGO, José. Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 msnm. Tesis. Perú: Universidad Nacional del Centro, 2013.

Municipalidad Provincial de Trujillo. (14 de Diciembre de 2015). Disponible en <http://www.munitrujillo.gob.pe/noticiasmp/categorias/areasverdes/el-60--de-construcciones-en-trujillo-es-informal->

ORTIZ, Segundo. Determinación de la influencia de la fibra de acero en el esfuerzo a flexión del concreto para un $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$. Tesis. Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2015.

PACHECO, Luis. Propiedades del concreto en estado fresco y endurecido. Trabajo de suficiencia. Perú: Universidad José Carlos Mariátegui, 2017.

QUIROZ, Mariela y SALAMANCA, Lucas. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje en la asignatura de “tecnología del hormigón. Tesis, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2006.

RAMÍREZ, Francisco y SAMANIEGO, José. Estudio comparativo de los efectos sobre la resistencia a la flexión del Hormigón Reforzado con Fibras (HRF) usando macro fibras de acero DRAMIX RC-6535-BN y de polipropileno/polietileno TUF-STRAND SF. Tesis. Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2016. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15636>

Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). Edificaciones: Estructuras. Perú. 2016.

RIVERA, Gerardo. Concreto simple. 1º Edición. Universidad de Cauca, 2013.

RIVVA, Enrique. Naturaleza y Materiales del Concreto. 2ª. Edición Perú: Capítulo Peruano ACI, 2000.

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5° Ed. Colombia, 2001. ISBN: 9589247040.

SARTA, Helo y SILVA, José, análisis comparativo entre el concreto simple y el concreto con adición de fibra de acero al 4% y 6. Tesis. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.

SIKA. Concreto reforzado con fibras brochure. Lima, Edición 1. agosto 2011. R.U.C. 202543305066.

SIKA. Fiber CHO 65-35-NB, Lima, Edición 6. Julio 2015.

SOTIL, Alfredo y ZEGARRA, Jorge. Análisis comparativo del comportamiento del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero WIRAND® FF3 y concreto reforzado con fibras de acero WIRAND® FF4 aplicado a losas industriales de pavimento rígido. Tesis. Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.

VÁSQUEZ, Iván, Influencia del incremento de volumen de fibra de polipropileno en la resistencia a la flexión, tracción y trabajabilidad de un concreto reforzado. Universidad Privada del Norte, volumen 2. 2014. Disponible en: <https://refi.upn.edu.pe/index.php/refi/article/view/34/65>

VILLANUEVA, Edison y YARANGA, Huber, Estudio de la influencia de fibras de polipropileno provenientes de plásticos reciclados en concretos de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Lircay, provincia de Angaraes, región Huancavelica. Tesis. Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos a realizar en el transcurso del desarrollo de la investigación

Ensayos de agregados
Análisis granulométrico
Absorción y humedad
Peso específico de la masa

Calidad del concreto	
Ensayos en concreto fresco	Asentamiento
	Temperatura
Ensayos en concreto endurecido	Flexión

Cuadro de Ensayos Concreto Endurecido				
Ensayo	Refuerzo	Tipo de Probeta	Cantidad	Edad de ensayo
Flexión	Muestra sin refuerzo	Prismática	6	14 días
	10% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	14 días
	15% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	14 días
	20% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	14 días

Cuadro de Ensayos Concreto Endurecido				
Ensayo	Refuerzo	Tipo de Probeta	Cantidad	Edad de ensayo
Flexión	Muestra sin refuerzo	Prismática	6	28 días
	10% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	28 días
	15% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	28 días
	20% fibra de acero y polipropileno	Prismática	6	28 días

Resumen del proyecto

La presente investigación se enfocó en estudiar el efecto de la adición fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto. Para ello se realizó el diseño de mezcla con una relación a/c de 0.56 para concreto patrón y concreto con diferentes proporciones de fibras acero y polipropileno por m³ de concreto para determinar la cantidad óptima y la máxima resistencia alcanzada por el concreto reforzado con fibras. Se realizó mediante el ensayo de probetas en laboratorio según la Norma ASTM C 78 y la NTP 339.078.

Anexo 2. Análisis del agregado fino

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis : Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018.

Autores : Cuenca Briceño, Elmer Luis
Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

Asesor : Ing. Cárdenas Saldaña, Bryan Emanuel

1. Análisis granulométrico según NTP 400.012, ASTM C-136

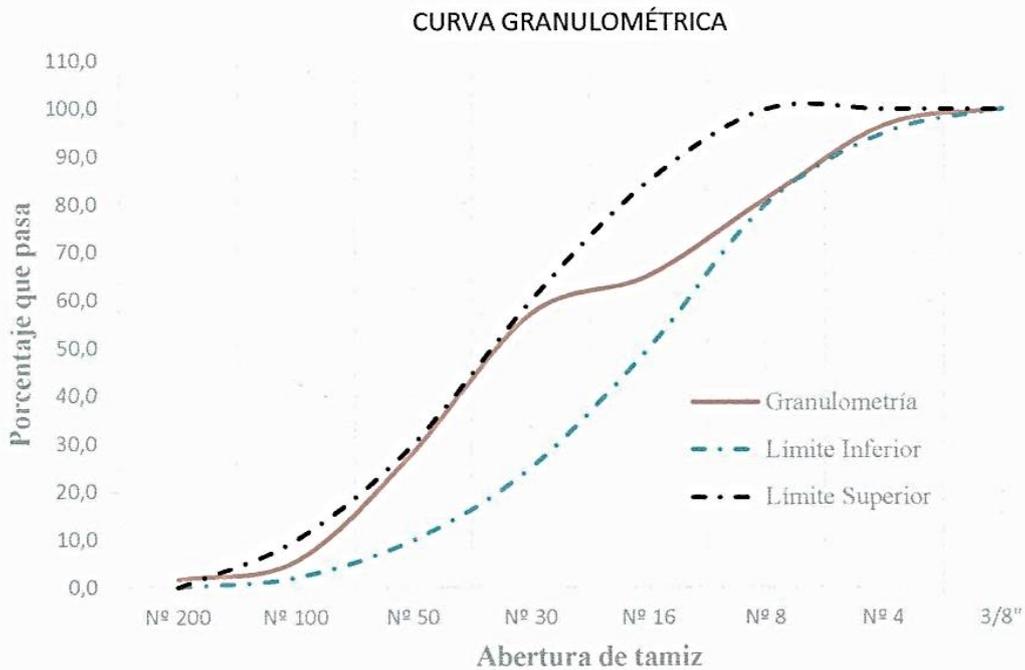
Requerimiento

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO	
Peso neto del agregado fino (gr)	500
MODULO DE FINEZA	2,66
¿El módulo de finesa cumple la norma ASTM?	SI CUMPLE

Malla (Pulg)	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido	% retenido acum.	% que pasa	Cumple normas ASTM
3/8"	9.5	0.0	0.0	0.0	100.0	SI CUMPLE
N.º 4	4.75	16.5	3.3	3.3	96.7	SI CUMPLE
N.º 8	2.36	76.8	15.4	18.7	81.3	SI CUMPLE
N.º 16	1.18	80.1	16.1	34.8	65.2	SI CUMPLE
N.º 30	0.6	39.5	7.9	42.8	57.2	SI CUMPLE
N.º 50	0.3	143.8	28.9	71.6	28.4	SI CUMPLE
N.º 100	0.15	113.5	22.8	94.4	5.6	SI CUMPLE
N.º 200	0.075	19.4	3.9	98.3	1.7	SI CUMPLE
Plato		8.3	1.7	100.0	0.0	
		497.9				

CONCLUSIÓN Este agregado se recomienda su uso en construcción


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



2. Peso unitario NTP 400.017, ASTM C-29

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)		Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del recipiente		gr	4888	4888	4888
Peso del recipiente + agregado		gr	9505	9450	9561
Volumen del recipiente		cm ³	3026	3026	3026
Peso unitario suelto		kg/m ³	1525.78	1507.60	1544.28
Peso unitario PROMEDIO			1525.89		
PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)		Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del recipiente		gr	4888	4888	4888
Peso del recipiente + agregado		gr	10068	10134	10135
Volumen del recipiente		cm ³	3026	3026	3026
Peso unitario suelto		kg/m ³	1711.83	1733.64	1733.97
Peso unitario PROMEDIO			1726.48		

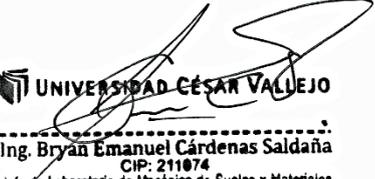

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

3. Peso específico y absorción NTP 400.021

AGREGADO FINO		Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02
Peso en el aire de la muestra secada en el horno		gr	491.20	491.40
Peso de la fiola lleno de agua		gr	682.92	682.92
Peso de la fiola + muestra + agua		gr	992.50	992.50
Peso de la muestra saturada con superficie seca		gr	500.00	500.00
Peso específico de la masa		gr/cm ³	2.58	2.58
Peso específico aparente		gr/cm ³	2.70	2.70
Absorción		%	1.79	1.75
Peso específico de la masa PROMEDIO		gr/cm ³	2.58	
Peso específico aparente PROMEDIO		gr/cm ³	2.70	
Absorción PROMEDIO		%	1.77	

4. Contenido de humedad NTP 339.185

AGREGADO FINO				
Descripción	Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tara + muestra húmeda	gr	642.40	588.10	607.40
Tara + muestra seca	gr	632.60	578.80	597.70
peso del agua	gr	9.80	9.30	9.70
Peso de la tara	gr	141.90	88.10	107.30
Peso de la muestra seca	gr	490.70	490.70	490.40
W	%	2.00	1.90	1.98
W (%) PROMEDIO		1.96		


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryán Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Anexo 3. Análisis del agregado grueso

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis : Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018.

Autores : Cuenca Briceño, Elmer Luis
Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

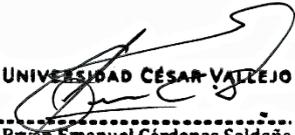
Asesor : Ing. Cárdenas Saldaña, Bryan Emanuel

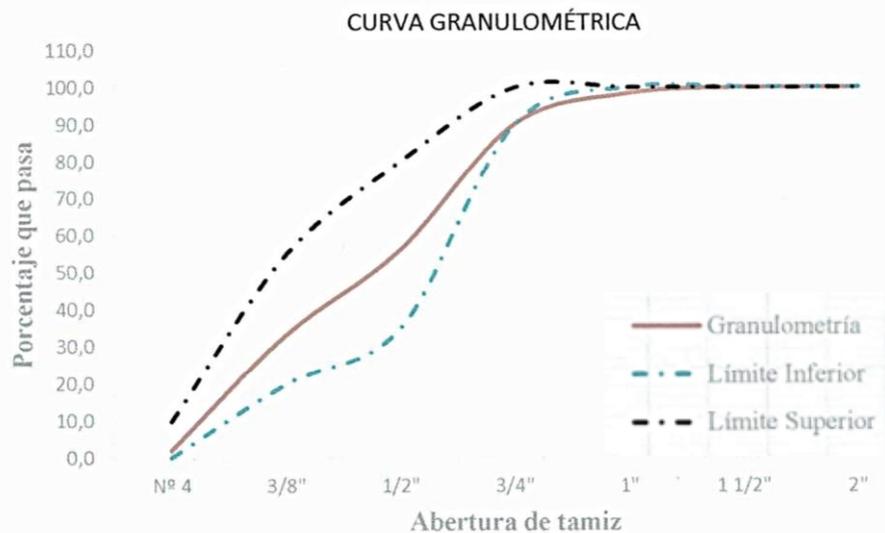
1. Análisis granulométrico según NTP 400.012, ASTM C136

Requerimiento

GRANULOMETRÍA AGREGADO GRUESO	
Peso neto del agregado grueso (gr)	3000
TAMAÑO MÁXIMO	1 1/2"
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	1"

Malla (Pulg)	Abertura (mm)	Peso retenido	% retenido	% retenido acum.	% que pasa	Cumple normas ASTM
2"	50.8	0.0	0.0	0.0	100.0	SI CUMPLE
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100.0	SI CUMPLE
1"	25.4	48.46	1.6	1.6	98.4	NO CUMPLE
3/4"	19.05	247.08	8.2	9.9	90.1	SI CUMPLE
1/2"	12.7	1021.7	34.1	43.9	56.1	SI CUMPLE
3/8"	9.5	680.5	22.7	66.6	33.4	SI CUMPLE
N.º 4	4.75	940.5	31.4	98.0	2.0	SI CUMPLE
Plato		59.5	2.0	100.0	0.0	
		2997.74				


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales



2. Peso unitario NTP 400.017, ASTM C-29

PESO UNITARIO SUELTO (PUS)	Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del recipiente	gr	8583	8583	8583
Peso del recipiente + agregado	gr	23941	23880	23804
Volumen del recipiente	cm ³	10314	10314	10314
Peso unitario suelto	kg/m ³	1489.04	1483.13	1475.76
Peso unitario PROMEDIO		1482.64		
PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC)	Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Peso del recipiente	gr	8583	8583	8583
Peso del recipiente + agregado	gr	24805	24956	24826
Volumen del recipiente	cm ³	10314	10314	10314
Peso unitario suelto	kg/m ³	1572.81	1587.45	1574.85
Peso unitario PROMEDIO		1578.37		

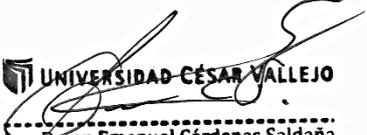
3. Peso específico y absorción NTP 400.022

AGREGADO GRUESO	Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02
Peso de la muestra seca en el aire	gr	1987.70	1986.80
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr	2026.50	2032.20
Peso en el agua de la muestra saturada	gr	1261	1261.60
Peso específico de la masa	gr/cm ³	2.60	2.58
Peso específico aparente	gr/cm ³	2.74	2.74
Absorción	%	1.95	2.29
Peso específico de la masa PROMEDIO	gr/cm ³	2.59	
Peso específico aparente PROMEDIO	gr/cm ³	2.74	
Absorción PROMEDIO	%	2.12	


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

4. Contenido de humedad NTP 339.185

AGREGADO GRUESO				
Descripción	Unidades	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tara + muestra húmeda	gr	1741	1671.8	1663.9
Tara + muestra seca	gr	1728.4	1661.6	1659.6
peso del agua	gr	12.6	10.2	4.3
Peso de la tara	gr	240.4	170.9	163.4
Peso de la muestra seca	gr	1488	1490.7	1496.2
W	%	0.85	0.68	0.29
W (%) PROMEDIO		0.61		


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Anexo 4. Diseño de mezclas

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis : Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018.

Autores : Cuenca Briceño, Elmer Luis
Solórzano Rodríguez, Cristhy Stephany

Asesor : Ing. Cárdenas Saldaña, Bryan Emanuel

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO
Método comité 211 ACI

Generalidades:

Cemento Portland tipo ICO
Peso específico 2.96 gr/cm³
Peso 42.5 Kg

Materiales Arena gruesa procedente de la cantera Tripa - Huanchaco
Grava de ½ pulg. Procedente de cantera Tripa – Huanchaco

Agua Agua potable libre de contaminantes obtenida del laboratorio de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche.

Fibras Sika Fiber CHO 65/35 NB
Sika Fiber PE

Aire incorporado Concreto sin aire incorporado

Características de los agregados:

Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso
Peso específico de la masa (gr/cm ³)	2.58	2.59
Absorción (%)	1.77	2.12
Contenido de humedad (%)	1.96	0.61
Módulo de fineza	2.66	-
Tamaño máximo nominal (pulg)	-	1
Peso unitario compactado (gr/m ³)	1726.48	1578.37
Peso unitario suelto (gr/m ³)	1525.89	1.48

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Cálculos realizados:

1. Resistencia a la compresión requerida

F'c	F'c + F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 – 350	F'c + 84
> 350	F'c + 98

$$\text{Entonces } f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$$

2. Selección del asentamiento

Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad
Seca	0 - 2"	Poco trabajable
Plástica	3" - 4"	Trabajable
Fluida o húmeda	5" a más	Muy trabajable

Se considero una consistencia plastica de 3 – 4 pulgadas

3. Cálculo del volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en 1/m ³ , para los tamaños máximos Nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	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	-
	Concreto con aire incorporado							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	175	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

TMN : 1"

Consistencia : 3 – 4 pulgadas

Volumen unitario de agua = 193 lt


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

4. Cálculo del contenido de aire

Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso	Aire Atrapado (%)
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Para un TMN de agregado grueso de 1" corresponde 1,5% de aire atrapado

5. Selección de la relación agua cemento (a/c)

F'cr 28 días	Relación agua/cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	-
450	0.38	-

Interpolar

$$250 \rightarrow 0.62$$

$$294 \rightarrow R \text{ a/c}$$

$$300 \rightarrow 0.55$$

$$R \text{ a/c} = \frac{(0.55 - 0.62)(294 - 250)}{(300 - 250)} + 0.62$$

$$R \text{ a/c} = 0.56$$

6. Cálculo del contenido de cemento

$$\text{Contenido de cemento} = \frac{193 \text{ lt}}{0.56}$$


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Contenido de cemento = 345.63 kg

7. Contenido de agregado grueso

Tamaño Máximo de agregado grueso		Volumen de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza del agregado fino			
		Módulo de fineza del agregado fino			
mm	pulg	2.4	2.6	2.8	3.0
9.50	3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
12.70	1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
19.00	3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
25.40	1"	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
50	2"	0.78	0.76	0.74	0.72
75	3"	0.81	0.79	0.77	0.75
150	6"	0.87	0.85	0.83	0.81

TMN : 1"

Módulo de fineza : 2.66

Interpolar

2.6 → 0.69

2.66 → *V_{ag}*

2.8 → 0.67

$$V_{\text{agregado grueso}} = \frac{(0.67 - 0.69)(2.66 - 2.6)}{(2.8 - 2.6)} + 0.69$$

$$V_{\text{agregado grueso}} = 0.68$$

$$\text{Peso del agregado grueso} = 1080.05 \text{ kg}$$

8. Calculo de volúmenes absolutos de los materiales

$$\text{Cemento} = \frac{345.63 \text{ kg}}{2.96 * 1000} \Rightarrow \text{Cemento} = 0.117 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{193 \text{ lt}}{1000} \Rightarrow \text{Agua} = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{1.5}{100} \Rightarrow \text{Aire} = 0.015 \text{ m}^3$$

UNIVERSIDAD CÉSAR VALTEJO

 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1080.05 \text{ kg}}{2.59 \text{ gr/cm}^3 * 1000} \Rightarrow \text{Agregado grueso} = 0.417 \text{ m}^3$$

9. Cálculo del contenido de agregado fino

$$\text{Agregado fino} = 1\text{m}^3 - (0.117 + 0.193 + 0.015 + 0.417)$$

$$\text{Volumen agregado fino} = 0.258 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso del agregado fino} = \frac{0.258 \text{ m}^3}{2.58 \text{ gr/cm}^3 * 1000}$$

$$\text{Peso del agregado fino} = 665.169 \text{ kg}$$

10. Valores de diseño sin corregir

Cemento (kg)	345.63
Agua (lt)	193.00
Aire (%)	1.5
Agregado Fino (kg)	665.169
Agregado Grueso (kg)	1080.05

11. Cálculo del ajuste por humedad de los agregados

Contenido de humedad (%)	Agregado fino	Agregado grueso
	1.96	0.61

$$\text{Agregado fino} = 665.169 \text{ kg} \left(1 + \frac{1.96}{100}\right) \Rightarrow A.F. = 678.18 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1080.05 \text{ kg} \left(1 + \frac{0.61}{100}\right) \Rightarrow A.G. = 1086.60 \text{ kg}$$

12. Ajuste por humedad superficial de los agregados

$$\text{Agua del agregado fino} = 665.169 \text{ kg} \left(\frac{1.96 - 1.77}{100}\right)$$

$$\text{Agua del A. F.} = 1.237 \text{ lt}$$

$$\text{Agua del agregado grueso} = 1080.05 \text{ kg} \left(\frac{0.61 - 2.12}{100}\right)$$

$$\text{Agua del A. G.} = -16.335 \text{ lt}$$

$$\text{Agua neta} = 193 \text{ lt} - (1.237 + (-16.335)) \Rightarrow \text{Agua neta} = 208.10 \text{ lt}$$

13. Valores finales

Cemento (kg)	345.63
Agua (lt)	208.10
Aire (%)	1.5
Agregado Fino Húmedo (kg)	678.18
Agregado Grueso Húmedo (kg)	1086.60

14. Proporciones en peso

Cemento (Kg)	1.00
Agregado Fino (Kg)	1.96
Agregado Grueso (Kg)	3.14
Agua (lt)	0.60

15. Proporciones en volumen de la mezcla de concreto

$$\text{Cemento} = \frac{345.63 \text{ kg}}{1500 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow \text{Cemento} = 0.230 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{678.18 \text{ kg}}{1525.89 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow \text{Agregado fino} = 0.444 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1086.60 \text{ kg}}{1482.64 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow \text{Agregado grueso} = 0.733 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{208.10 \text{ lt}}{\frac{345.63 \text{ kg}}{42.5 \text{ kg}}} \Rightarrow \text{Agua} = 25.59 \text{ lt/bls}$$

16. Proporción final en volumen para 1 m³ de concreto

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
1	1.93	3.18	25.59


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Hg. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

Anexo 5. Registro de datos de resistencia a la flexión en especímenes de concreto



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Concreto y Reciclado

INFORME N°/102OCT18

Solicita : Br. Cuenca Briceño Elmer Luis - 41453404
Br. Solórzano Rodríguez Cristhy Stephany - 70011261

Institución : Universidad Privada César Vallejo

Nombre del proyecto : "Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018"

Muestreo realizado por: El solicitante

Fecha de recepción : 26/10/2018

MUESTRA

Espécimen : Viga rectangular

Dimensiones : 15 x 15 x 60 cm

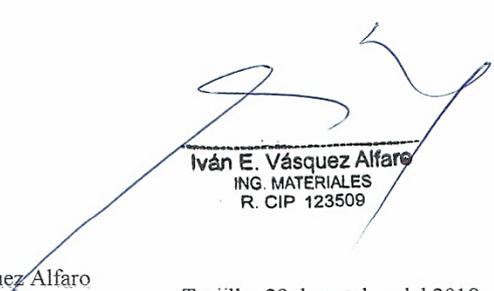
Aplicación de norma : Resistencia a la Flexión del concreto método de la viga simple cargada en los tercios de la luz MTC E 709/ASTM C78/AASHTO T 97

N° de especímenes : 24

Edad del espécimen : 14 días

PARÁMETROS DEL EQUIPO

Equipo: Flexión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%, velocidad de carga 0.450 KN/seg


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 29 de octubre del 2018



MUESTRA:

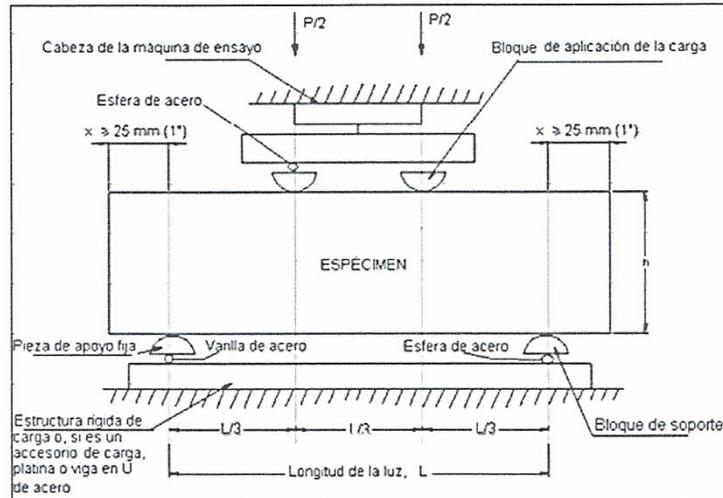


Figura 1: Esquema adecuado para flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz

CÁLCULOS:

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{pl}{bd^2}$$

Donde:

R = módulo de rotura (N/mm²)

p = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (N)

l = longitud libre entre apoyos (mm)

b = ancho promedio de la muestra (mm)

d = altura promedio de la muestra (mm).

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 29 de octubre del 2018



RESULTADOS:

1. Resistencia a flexión

Nº de espécimen	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Tiempo de curado (días)	Diseño (kg/cm ²)
1	Patrón RG ₄ O ₄ (1)	13-10-2018	27-10-2018	14	210
2	Patrón RG ₄ O ₄ (2)				
3	Patrón RG ₄ O ₄ (3)				
4	Patrón RG ₄ O ₄ (4)				
5	Patrón RG ₄ O ₄ (5)				
6	Patrón RG ₄ O ₄ (6)				
7	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (1)				
8	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (2)				
9	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (3)				
10	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (4)				
11	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (5)				
12	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (6)				
13	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (1)				
14	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (2)				
15	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (3)				
16	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (4)				
17	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (5)				
18	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (6)				
19	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (1)				
20	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (2)				
21	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (3)				
22	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (4)				
23	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (5)				
24	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (6)				

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 29 de octubre del 2018


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509



Nº de espécimen	Descripción	p (KN)	R (N/mm ²)	R (kg-f/cm ²)
1	Patrón RG ₄ O ₄ (1)	18.86	2.514	25.6
2	Patrón RG ₄ O ₄ (2)	23.51	3.134	31.9
3	Patrón RG ₄ O ₄ (3)	18.47	2.463	25.1
4	Patrón RG ₄ O ₄ (4)	23.21	3.094	31.5
5	Patrón RG ₄ O ₄ (5)	25.05	3.340	34.0
6	Patrón RG ₄ O ₄ (6)	22.20	2.960	30.2
7	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (1)	19.02	2.535	25.8
8	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (2)	21.90	2.921	29.8
9	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (3)	19.71	2.629	26.8
10	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (4)	21.01	2.801	28.5
11	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (5)	22.15	2.953	30.1
12	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (6)	22.45	2.993	30.5
13	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (1)	20.84	2.779	28.3
14	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (2)	18.91	2.522	25.7
15	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (3)	18.71	2.494	25.4
16	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (4)	16.60	2.213	22.6
17	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (5)	20.34	2.712	27.6
18	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (6)	19.08	2.543	25.9
19	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (1)	21.33	2.844	28.9
20	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (2)	19.58	2.611	26.6
21	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (3)	21.58	2.877	29.3
22	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (4)	20.67	2.755	28.1
23	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (5)	21.42	2.856	29.1
24	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (6)	18.00	2.400	24.5

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 29 de octubre del 2018



INFORME N°/104NOV18

Solicita : Br. Cuenca Briceño Elmer Luis - 41453404
Br. Solórzano Rodríguez Cristhy Stephany - 70011261

Institución : Universidad Privada César Vallejo

Nombre del proyecto : "Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018"

Muestreo realizado por: El solicitante

Fecha de recepción : 07/11/2018

MUESTRA

Espécimen : Viga rectangular

Dimensiones : 15 x 15 x 60 cm

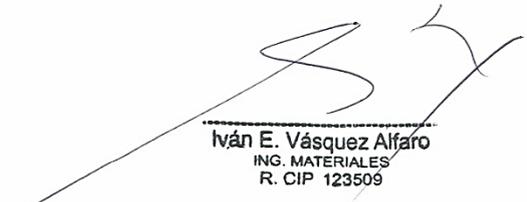
Aplicación de norma : Resistencia a la Flexión del concreto método de la viga simple cargada en los tercios de la luz MTC E 709/ASTM C78/AASHTO T 97

Nº de especímenes : 24

Edad del espécimen : 28 días

PARÁMETROS DEL EQUIPO

Equipo: Flexión ELE Serie T automático, error de +/- 0.5%, velocidad de carga 0.450 KN/seg



Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 07 de noviembre del 2018



MUESTRA:

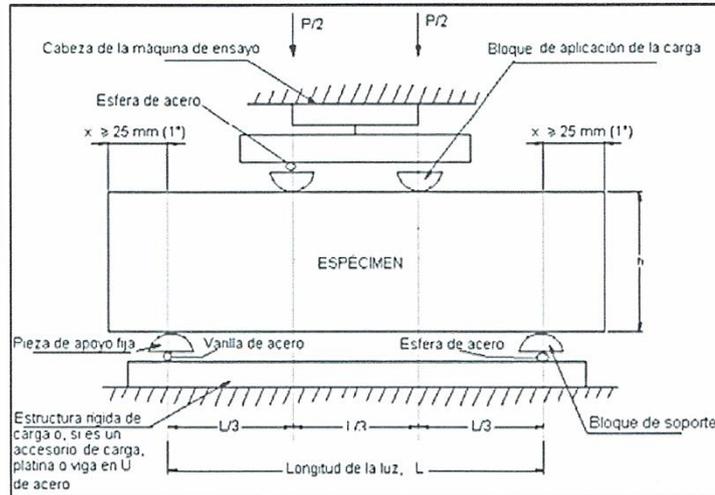


Figura 1: Esquema adecuado para flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz

CÁLCULOS:

Si la fractura se inicia en la zona de tensión, dentro del tercio medio de la luz libre, el módulo de rotura se calcula de la siguiente forma:

$$R = \frac{pl}{bd^2}$$

Donde:

R = módulo de rotura (N/mm²)

p = máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (N)

l = longitud libre entre apoyos (mm)

b = ancho promedio de la muestra (mm)

d = altura promedio de la muestra (mm).

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Trujillo, 07 de noviembre del 2018



RESULTADOS:

1. Resistencia a flexión

Nº de espécimen	Descripción	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Tiempo de curado (días)	Diseño (kg/cm ²)
1	Patrón RG ₄ O ₄ (1)	11-10-2018	07-11-2018	28	210
2	Patrón RG ₄ O ₄ (2)				
3	Patrón RG ₄ O ₄ (3)				
4	Patrón RG ₄ O ₄ (4)				
5	Patrón RG ₄ O ₄ (5)				
6	Patrón RG ₄ O ₄ (6)				
7	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (1)				
8	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (2)				
9	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (3)				
10	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (4)				
11	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (5)				
12	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (6)				
13	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (1)				
14	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (2)				
15	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (3)				
16	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (4)				
17	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (5)				
18	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (6)				
19	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (1)				
20	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (2)				
21	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (3)				
22	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (4)				
23	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (5)				
24	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (6)				

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro


Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509
Trujillo, 07 de noviembre del 2018



Nº de espécimen	Descripción	p (KN)	R (N/mm ²)	R (kg-f/cm ²)
1	Patrón RG ₄ O ₄ (1)	20.75	2.77	28.23
2	Patrón RG ₄ O ₄ (2)	22.16	2.95	30.06
3	Patrón RG ₄ O ₄ (3)	20.00	2.67	27.21
4	Patrón RG ₄ O ₄ (4)	23.00	3.07	31.28
5	Patrón RG ₄ O ₄ (5)	23.19	3.09	31.49
6	Patrón RG ₄ O ₄ (6)	23.89	3.19	32.51
7	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (1)	19.05	2.54	25.88
8	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (2)	25.95	3.46	35.26
9	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (3)	23.97	3.20	32.57
10	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (4)	22.67	3.02	30.77
11	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (5)	22.45	2.99	30.47
12	RG ₁ X ₁ O ₁ 10% (6)	22.08	2.94	29.96
13	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (1)	21.23	2.83	28.84
14	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (2)	22.82	3.04	30.98
15	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (3)	22.65	3.02	30.77
16	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (4)	23.64	3.15	32.10
17	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (5)	19.79	2.64	26.90
18	RG ₂ X ₂ O ₂ 15% (6)	22.73	3.03	30.88
19	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (1)	25.41	3.39	34.54
20	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (2)	21.88	2.92	29.75
21	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (3)	21.59	2.88	29.35
22	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (4)	23.88	3.18	32.40
23	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (5)	24.40	3.25	33.12
24	RG ₃ X ₃ O ₃ 20% (6)	26.12	3.48	35.46

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 07 de noviembre del 2018

Iván E. Vásquez Alfaro
ING. MATERIALES
R. CIP 123509

Anexo 6. Resumen de datos de resistencia a la flexión en probetas de concreto

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto ensayados a los 14 días de edad

CONCRETO PATRÓN										
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)				210	NORMA			ASTM C 78		
Especificaciones del concreto, relación A/C= 0,56				Dimensiones (cm)			15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga P (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño	
PHSR	1	13/10/2018	27/10/2018	14	45	1923,15	25,6	28,8	13,7	
	2					2397,31	32,0			
PHSR	3					1883,39	25,1	28,3	13,5	
	4					2366,72	31,6			
PHSR	5					2554,35	34,1	32,1	15,3	
	6					2263,73	30,2			

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto ensayados a los 28 días de edad

CONCRETO PATRÓN										
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)				210	NORMA			ASTM C 78		
Especificaciones del concreto, relación A/C= 0,56				Dimensiones (cm)			15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga máxima de flexión (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño	
PHSR	1	11/10/2018	07/11/2018	28	45	2115,88	28,2	29,2	13,9	
	2					2259,66	30,1			
PHSR	3					2039,40	27,2	29,2	13,9	
	4					2345,31	31,3			
PHSR	5					2364,68	31,5	32,0	15,2	
	6					2436,06	32,5			

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 10%, ensayados a los 14 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 10 %									
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)		210		NORMA		ASTM C 78			
Especificaciones del concreto, relación A/C= 0,56				Dimensiones (cm)		15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga P (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño
PHFR	7	13/10/2018	27/10/2018	14	45	1939,47	25,9	27,8	13,2
10% FA y 10% FPP	8					2233,14	29,8		
PHFR	9					2009,83	26,8	27,7	13,2
10% FA y 10% FPP	10					2142,39	28,6		
PHFR	11					2258,64	30,1	30,3	14,4
10% FA y 10% FPP	12					2289,23	30,5		

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 10%, ensayados a los 28 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 10 %									
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)		210		NORMA		ASTM C 78			
ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO RELACIÓN A/C= 0,56				DIMENSIONES (cm)		15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga máxima de flexión (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño
PHFR	7	11/10/2018	07/11/2018	28	45	1942,53	25,9	30,6	14,6
10% FA y 10% FPP	8					2646,12	35,3		
PHFR	9					2444,22	32,6	31,7	15,1
10% FA y 10% FPP	10					2311,66	30,8		
PHFR	11					2289,23	30,5	30,3	14,4
10% FA y 10% FPP	12					2251,50	30,0		

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 15%, ensayados a los 14 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 15 %										
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)				210	NORMA			ASTM C 78		
Especificaciones del concreto, relación A/C= 0,56				Dimensiones (cm)			15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga P (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño	
PHFR 15% FA y 15% FPP	13	13/10/2018	27/10/2018	14	45	2125,05	28,3	27,0	12,9	
	14					1928,25	25,7			
PHFR 15% FA y 15% FPP	15					1907,86	25,4	24,0	11,4	
	16					1692,70	22,6			
PHFR 15% FA y 15% FPP	17					2074,07	27,7	26,8	12,8	
	18					1945,59	25,9			

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 15%, ensayados a los 28 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 15 %										
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)				210	NORMA			ASTM C 78		
ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO RELACIÓN A/C= 0,56				DIMENSIONES (cm)			15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga máxima de flexión (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño	
PHFR 15% FA y 15% FPP	13	11/10/2018	07/11/2018	28	45	2164,82	28,9	29,9	14,3	
	14					2326,96	31,0			
PHFR 15% FA y 15% FPP	15					2309,62	30,8	31,5	15,0	
	16					2410,57	32,1			
PHFR 15% FA y 15% FPP	17					2017,99	26,9	28,9	13,8	
	18					2317,78	30,9			

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 20%, ensayados a los 14 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 20 %									
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)		210		NORMA		ASTM C 78			
Especificaciones del concreto, relación A/C= 0,56				Dimensiones (cm)		15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga P (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño
PHFR 20% FA y 20% FPP	19	13/10/2018	27/10/2018	14	45	2175,02	29,0	27,8	13,2
	20					1996,57	26,6		
PHFR 20% FA y 20% FPP	21					2200,51	29,3	28,7	13,7
	22					2107,72	28,1		
PHFR 20% FA y 20% FPP	23					2184,20	29,1	26,8	12,8
	24					1835,46	24,5		

Cálculo de promedios del MR en especímenes de concreto con fibras de acero y polipropileno al 20%, ensayados a los 28 días de edad

CONCRETO CON ADICIÓN DE FIBRAS DE ACERO Y POLIPROPILENO AL 20 %									
Resistencia de diseño del concreto (kg/cm ²)		210		NORMA		ASTM C 78			
ESPECIFICACIONES DEL CONCRETO RELACIÓN A/C= 0,56				DIMENSIONES (cm)		15	15	60	
Descripción de probeta	N.º De probeta	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad en días	Distancia entre apoyos "L" (cm)	Carga máxima de flexión (Kg)	Módulo de rotura (Kg/cm ²)	MR promedio kg/cm ²	% de variación con f _c de diseño
PHFR 20% FA y 20% FPP	19	11/10/2018	07/11/2018	28	45	2591,06	34,5	32,1	15,3
	20					2231,10	29,7		
PHFR 20% FA y 20% FPP	21					2201,53	29,4	30,9	14,7
	22					2435,04	32,5		
PHFR 20% FA y 20% FPP	23					2488,07	33,2	34,3	16,4
	24					2663,46	35,5		

Anexo 7. Características físico-químicas del cemento portland



CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
 Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
 Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
 Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
 Versión 03

CEMENTO EXTRAFORTE **Cemento Portland Compuesto Tipo ICo** Conforme a la NTP 334.090 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.090
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO3	%	2.4	Máximo 4.0

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.090
Contenido de Aire	%	5	Máximo 12
Expansion en Autoclave	%	0.06	Máximo 0.80
Superficie Especifica	cm ² /g	5440	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	3.6	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	2.96	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	20.2 (206)	Mínimo 13.0 (Mínimo 133)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	25.9 (264)	Mínimo 20.0 (Mínimo 204)
Resistencia Compresión a 28días	MPa (Kg/cm ²)	32.9 (335)	Mínimo 25.0 (Mínimo 255)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	124	Mínimo 45
Fraguado Final	min	254	Máximo 420

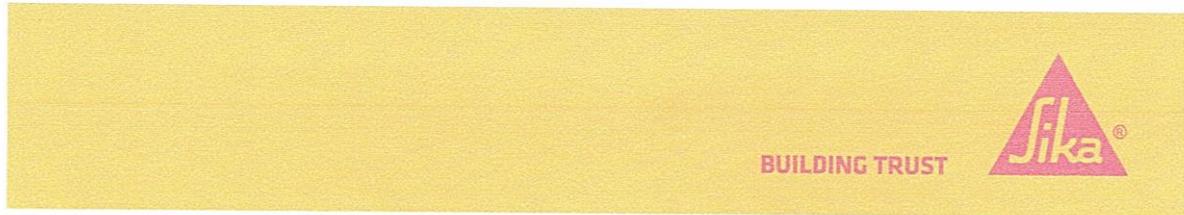
Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
 La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.

Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
 Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB

FIBRA DE ACERO PEGADAS PARA REFUERZO DEL CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PROYECTADO

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y cimientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

CERTIFICADOS / NORMAS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB cumple con las normas ASTM A 820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" Tipo I y DIN 17140-D9 para acero de bajo contenido de carbono, EN 14889-1

 1020
HIC Corporation 260-3, Jaingjae-ro, Hallin-myeon, Gimhae-si Gyeongsangnam, -do, Kore 11 th West, Side Road, Nan-Pu Developmen Area Tang Shan City, China
13 1020-CPR-010023618
EN 14889-1
Fibras de acero para uso estructural en hormigones (concreto), mortero y pastas.
Grupo 1: Alambre estirado en frío
Longitud: 35 mm
Diámetro: 0.54 mm
Forma: Deformado
Resistencia a la tracción: 1300 N/mm ²
Consistencia con 19 kg/m ³ de fibras: tiempo Vebe 12 s.
Efecto en la resistencia del hormigón (concreto): 19 kg/m ³ para obtener 1.5 N/mm ² a CMOD = 0,5 mm y 1 N/mm ² a CMOD = 3,5 mm.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Sacos de papel x 20 kg.
Vida Útil	No tiene caducidad mientras se respeten las condiciones de almacenamiento.
Condiciones de Almacenamiento	Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
Dimensiones	LONGITUD: 35 mm con extremos conformados. DIÁMETRO DE LA FIBRA: 0.54 mm RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65

INFORMACIÓN TÉCNICA

Resistencia a la Tensión	RESISTENCIA A TRACCIÓN: Mínimo 1,300 MPa
Elongación de Rotura	ELONGACIÓN DE ROTURA: 4% máx.
Dosificación Recomendada	Normalmente entre 15 - 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

DOCUMENTOS ADICIONALES

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE SikaFiber®CHO65/35NB :

- 1.- SIKA PRODUCT FINDER: APLICACIÓN DE CATÁLOGO DE PRODUCTOS



- 2.- SIKA CIUDAD VIRTUAL



LIMITACIONES

NOTAS

No agregue Sika® Fiber CHO 65/35 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

RESTRICCIONES LOCALES

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

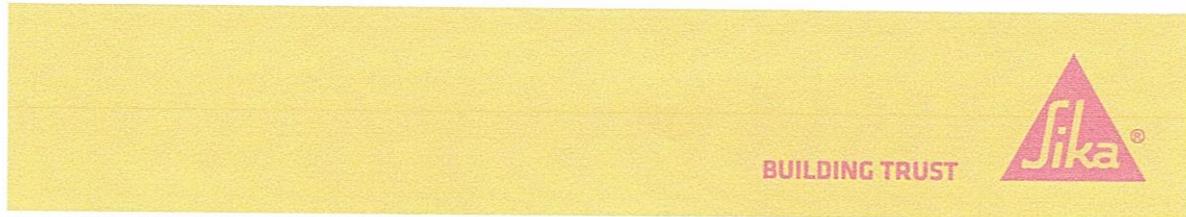
Keep out of reach of children. Avoid direct contact with eyes and skin. Protect yourself by wearing safety gloves and goggles.

Do not dispose the product in soil or water courses, but in accordance with local regulations and prior neutralization. For more information consult the sheet of security of the product.

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Anexo 9. Descripción técnica-fibra de polipropileno



HOJA TÉCNICA

SikaFiber® PE

Fibra sintética para el refuerzo de concreto

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFiber® PE, es un refuerzo de fibra sintética de alta tenacidad que evita el agrietamiento de concretos y morteros.

SikaFiber® PE está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados.

Durante la mezcla SikaFiber® PE se distribuye aleatoriamente dentro de la masa de concreto o mortero formando una red tridimensional muy uniforme.

USOS

- Losas de concreto (placas, pavimentos, techos, etc)
- Mortero y concreto proyectado (Shotcrete).
- Paneles de fachada.
- Elementos prefabricados.
- Revestimientos de canales.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

La adición de SikaFiber® PE sustituye a la armadura destinada a absorber las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto, aportando las siguientes ventajas:

- Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
- Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
- Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
- En mayor cuantía, mejora la resistencia a la tracción y a la compresión.
- La acción del SikaFiber® PE es de tipo físico y no afecta el proceso de hidratación del cemento.

DATOS BÁSICOS

FORMA

ASPECTO

Fibra

COLOR

Crema claro

PRESENTACIÓN

Bolsa de 600 g

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Un año en un lugar seco y bajo techo, en envases bien cerrados.
DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD REAL APROX. 1.17 kg/L ABSORCIÓN DE AGUA < 2% MÓDULO DE ELASTICIDAD 15,000 kg/cm ² ALARGAMIENTO DE ROTURA 26% RESISTENCIA A TRACCIÓN 468 kg/cm ² RESISTENCIA QUÍMICA Inerte a los álcalis del cemento, ácidos en general, agua de mar, residuos alimentarios y ganaderos, aceites vegetales. No se pudre y es resistente a hongos y bacterias. DURABILIDAD Indefinida TRANSICIÓN VÍTREA 310 °C LONGITUD 20 mm NORMA A los concretos a los que se agregado SikaFiber® PE cumplen con los requerimientos de la norma ASTM C 1116 PRECAUCIONES SikaFiber® PE no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaFiber® PE no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. La adición de SikaFiber® PE es compatible con cualquier otro aditivo de Sika.

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Se agrega, en planta o a pie de obra, directamente a la mezcla de concreto o mortero. Una vez añadido el SikaFiber® PE, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos. No disolver en el agua de amasado. DOSIFICACIÓN El SikaFiber® PE se empleará para todo tipo de concretos: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Hasta $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2$, utilizar 600 g de SikaFiber® PE por m^3 de concreto. ▪ Para concretos de alta resistencia, mayores a $f'c = 300 \text{ kg/m}^2$, utilizar 1 kg de SikaFiber® PE por m^3 de concreto. ▪ Para mezclas de shotcrete, utilizar de 2 a 8 kg de SikaFiber® PE por m^3 de concreto.
-----------------------------	---

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACIÓN	Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad. En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.
OBSERVACIONES	La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe
NOTAS LEGALES	<p>La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.</p> <p>Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe.</p> <p>“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 2 la misma que deberá ser destruida”</p>

Anexo 10. Evidencias fotográficas



Obtención de materiales (agregado fino y grueso) cantera tripa -Huanchaco



Peso unitario del agregado fino y agregado grueso, realizados en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Peso específico y absorción de agregados finos y gruesos, los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Contenido de humedad del agregado fino y grueso, los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Ensayos de granulometría de agregado fino y grueso, los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Medición del asentamiento de la mezcla de diseño, obteniéndose 3.75 pulg para mezcla patrón y 3.5 pulg para mezcla con adición de fibras de acero y polipropileno, el ensayo se realizó en el laboratorio de de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Medición de la temperatura del concreto fresco, se obtuvo una temperatura de 22.4°C, el ensayo se realizó en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Elaboración y curado de especímenes para ensayos de resistencia a la flexión del concreto, se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo – Campus Moche



Resistencia a la flexión de especímenes de concreto patrón ensayados a 14 y 28 días de edad, el ensayo se realizó en el laboratorio de concreto y reciclado-Universidad Nacional de Trujillo

Resistencia a la flexión de especímenes de concreto con adición de fibras de acero y polipropileno en proporción del 10% ensayados a 14 y 28 días de edad, el ensayo se realizó en el laboratorio de concreto y reciclado-Universidad Nacional de Trujillo





Resistencia a la flexión de especímenes de concreto con adición de fibras de acero y polipropileno en proporción del 15% ensayados a 14 y 28 días de edad, el ensayo se realizó en el laboratorio de concreto y reciclado-Universidad Nacional de Trujillo

Resistencia a la flexión de especímenes de concreto con adición de fibras de acero y polipropileno en proporción del 20% ensayados a 14 y 28 días de edad, el ensayo se realizó en el laboratorio de concreto y reciclado-Universidad Nacional de Trujillo





Prueba de resistencia a la flexión a cuatro puntos de vigas (150mm x 150mm x 600mm) diseñadas y evaluadas por los investigadores. Realizados en el laboratorio de concreto y reciclado-Universidad Nacional de Trujillo.