



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

“Efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c = 280$   
kg/cm<sup>2</sup> aplicado en un pavimento rígido”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Bermúdez Chacón, Renato David (ORCID: 0000-0001-5097-897X)

Vásquez Castillo, María Pilar (ORCID: 0000-0002-8336-0559)

**ASESOR:**

Mg. Meza Rivas, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4258-4097)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2020

## DEDICATORIA

A Dios por ser siempre quien nos guía por el Camino del bien, por habernos dado fuerzas en los tiempos difíciles y por permitirnos habernos llegado hasta esta etapa final de nuestra carrera universitaria.

A mi madre, Yolanda Edelicia Chacón Sagástegui, por su amor incondicional, trabajo y sacrificio en todos estos años, por brindarme una buena educación e inculcarme los valores necesarios para desarrollarme como una persona de bien, por apoyarme en todo este recorrido de mi etapa universitaria, tengo el privilegio de ser su hijo.

RENATO DAVID BERMÚDEZ CHACÓN

A mis padres, Ovidio Vásquez Vásquez y Santos Gumerinda Castillo Medina por su gran apoyo durante toda mi vida universitaria, porque siempre creyeron en mí y en las cosas que yo podía lograr, todos los méritos alcanzados y por alcanzar son para ustedes.

A mis hermanas, Flor, María y Nélica con quienes he compartido las mejores experiencias de mi vida, porque siempre supieron aconsejarme para yo hacer las cosas bien.

MARÍA PILAR VÁSQUEZ CASTILLO

## AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la vida, guiarnos y darnos fortaleza para concluir satisfactoriamente con nuestro objetivo.

A la Universidad Cesar Vallejo, ya que fue la casa donde nos formamos para ser profesionales de calidad.

Al Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova por los aportes brindados en la elaboración de esta tesis, así mismo un agradecimiento especial al Mg. Jorge Luis Meza Rivas quien fue nuestro asesor, por los conocimientos y sugerencias que fueron de gran ayuda para la realización de este proyecto y gracias a todas las personas, amigos y compañeros que nos brindaron su apoyo.

## PÁGINA DEL JURADO

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

## ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO .....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
ÍNDICE .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MÉTODO.....	10
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
2.2. Operacionalización de variables.....	12
2.3. Población, muestra y muestreo.....	13
2.3.1. Población:.....	13
2.3.2. Muestra:.....	13
2.3.3. Muestreo:.....	14
2.3.4. Unidad de estudio:.....	14
2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	14
2.4.1. Técnica: .....	14
2.4.2. Instrumento: .....	14
2.4.3. Validez y confiabilidad: .....	15
2.5. Procedimiento .....	15
2.6. Método de análisis de datos .....	20
2.7. Aspectos éticos.....	21
III. RESULTADOS.....	22
3.1. Estudio de mecánica de suelos.....	22
3.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.....	22
3.1.2. Contenido de humedad.....	24
3.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso.....	25
3.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino.....	26

3.1.5.	Peso unitario y vacío – Método suelto y compactado por apisonado.....	27
3.2.	Diseño de mezcla .....	29
3.2.1.	Resistencia promedio requerida ( $F'_{cr}$ ) .....	29
3.2.2.	Contenido de agua .....	30
3.2.3.	Contenido de aire. ....	30
3.2.4.	Relación agua-cemento. ....	31
3.2.5.	Cantidad de cemento. ....	31
3.2.6.	Peso del agregado grueso. ....	31
3.2.7.	Volúmenes absolutos.....	32
3.2.8.	Peso del agregado fino. ....	33
3.2.9.	Corrección por humedad de los agregados.....	33
3.2.10.	Aporte de agua a la mezcla.....	33
3.2.11.	Diseño de mezcla. ....	33
3.2.12.	Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas.....	33
3.2.13.	Dosificación del material y de la fibra de acero. ....	35
3.2.14.	Preparación de mezcla para probetas cilíndricas y vigas prismáticas .....	36
3.3.	Ensayos de las propiedades mecánicas del concreto.....	37
3.3.1.	Ensayo de resistencia a la compresión .....	37
3.3.2.	Ensayo de resistencia a la flexotracción.....	43
3.4.	Análisis estadístico.....	46
3.4.1.	Resistencia a compresión .....	46
3.4.1.1.	Prueba de normalidad para 7 días.....	46
3.4.1.2.	Prueba de normalidad para 14 días.....	48
3.4.1.3.	Prueba de Normalidad para 28 días.....	49
3.4.2.	Resistencia a flexotracción.....	51
3.4.2.1.	Prueba de normalidad para 28 días.....	51
IV.	DISCUSIÓN .....	53
V.	CONCLUSIONES .....	55
VI.	RECOMENDACIONES .....	58
	REFERENCIAS.....	59
	ANEXOS.....	64
	Anexo 1. Panel fotográfico.....	64

Anexo 2. Ensayo de Mecánica de suelos del agregado fino y grueso.....	77
Anexo 3. Ficha técnica de la fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	88
Anexo 4. Ensayo de resistencia a la compresión.....	90
Anexo 5. Ensayo de resistencia a la flexotracción .....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Número de probetas de concreto para el ensayo a compresión.....	13
Tabla 2. Número de probetas de concreto para el ensayo a flexotracción .....	13
Tabla 3. Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra .....	19
Tabla 4. Análisis de granulometría del agregado grueso. ....	22
Tabla 5. Análisis de granulometría del agregado fino.....	23
Tabla 6. Contenido de humedad.....	24
Tabla 7. Contenido de humedad del agregado fino.....	25
Tabla 8. Peso específico y absorción del agregado grueso. ....	25
Tabla 9. Peso específico y absorción del agregado fino.....	26
Tabla 10. Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso - método suelto .....	27
Tabla 11. Peso unitario suelto y vacío del agregado fino - método suelto.....	27
Tabla 12. Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso – método compactado por apisonado .....	28
Tabla 13. Peso unitario suelto y vacío del agregado fino – método compactado por apisonado. ....	28
Tabla 14. Características del agregado grueso y el agregado fino .....	29
Tabla 15. Resistencia promedio requerida. ....	29
Tabla 16. Volumen unitario de agua. ....	30
Tabla 17. Contenido de aire atrapado.....	30
Tabla 18. Relación agua/cemento por resistencia. ....	31
Tabla 19. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	32
Tabla 20. Diseño de mezcla para un concreto de $F'c=280\text{kg/cm}^2$ .....	33
Tabla 21. Dimensiones de las probetas cilíndricas.....	34
Tabla 22. Dimensiones de las vigas prismáticas .....	34
Tabla 23. Proporción de mezcla para una probeta. ....	35
Tabla 24. Dosificación de fibra de acero para una probeta .....	35
Tabla 25. Proporción de mezcla para una viga .....	36
Tabla 26. Dosificación de fibra de acero para una probeta .....	36
Tabla 27. Moldeo de especímenes por apisonado.....	37
Tabla 28. Ensayo de resistencia a la compresión para 7 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	38
Tabla 29. Ensayo de resistencia a la compresión para 14 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	39
Tabla 30. Ensayo de resistencia a la compresión para 28 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	40
Tabla 31. Ensayo a compresión de probetas circulares de concreto (Norma Técnica Peruana NTP 339.034, ASTM C39).....	41
Tabla 32. Ensayo de resistencia a la flexotracción para 28 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB.....	43
Tabla 33. Ensayo de resistencia a la flexotracción de vigas prismáticas de concreto (ASTM C78, MTC E 709, AASHTO T97) .....	44

Tabla 34. Prueba de normalidad para 7 días de curado.....	46
Tabla 35. Resistencia a la compresión a los 7 días .....	46
Tabla 36. Prueba de normalidad para 14 días de curado.....	48
Tabla 37. Resistencia a la compresión (14 días). .....	48
Tabla 38. Prueba de Normalidad para 28 días de curado .....	49
Tabla 39. Resistencia a la compresión a los 28 días. ....	50
Tabla 40. Prueba de Normalidad para resistencia a los 28 días .....	51
Tabla 41. Resistencia a la flexotracción (28 días).....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Análisis granulométrico del agregado grueso. ....	23
Figura 2. Análisis granulométrico del agregado fino. ....	24
Figura 3. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB. ....	41
Figura 4. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB. ....	42
Figura 5. Comparación de la resistencia a la flexotracción de probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	44
Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexotracción de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB. ....	45
Figura 7. Medias marginales estimadas de Compresión (7 días) ....	47
Figura 8. Medias marginales estimadas de Compresión (14 días) ....	49
Figura 9. Medias marginales estimadas de Compresión (28 días) ....	50
Figura 10. Medias marginales estimadas de Flexotracción (28 días).....	52

## RESUMEN

El desarrollo de esta investigación fue planteado básicamente para determinar el efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c = 280\text{Kg/cm}^2$  aplicado en un pavimento rígido, de modo que para lograr el objetivo se realizaron 48 especímenes para evaluar cómo el concreto se comporta con y sin fibra de acero, donde 36 especímenes fueron elaborados para el ensayo de resistencia a la compresión, con los porcentajes de 0%, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB para un tiempo de 7, 14 y 28 días, así mismo se realizaron 12 vigas prismáticas para el ensayo de resistencia a la flexotracción para un tiempo de 28 días, donde el 0% fue la muestra patrón. Como resultados, se obtuvo que, para la prueba de resistencia a la compresión, la muestra patrón alcanzó un  $F'c = 366.58\text{ Kg/cm}^2$  y a 1% de fibra de acero se obtuvo un  $F'c = 388.72\text{ Kg/cm}^2$ , siendo 6.04% mayor que la muestra patrón. Por otro lado, en las vigas prismáticas, al adicionarle 3% de fibra de acero se obtuvo una resistencia de 43.51  $\text{kg/cm}^2$ , siendo un porcentaje de 17.47%, superando la muestra sin fibra que fue de 37.04  $\text{kg/cm}^2$ , los datos obtenidos se procesaron a través del programa de análisis estadístico SPSS. En conclusión, se determinó que la fibra de acero mejora las propiedades mecánicas del hormigón, siendo el 1% el porcentaje más adecuado para los esfuerzos de compresión y el 3% para los esfuerzos de flexotracción.

**PALABRAS CLAVES:** Fibra de acero, Especímenes, Concreto, Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexotracción.

## ABSTRACT

The development of this research was proposed to determine the effect of steel fiber on the mechanical properties of concrete  $F'_c = 280 \text{ Kg / cm}^2$  applied on a rigid pavement, so that to achieve the objective, 48 specific ones were committed to assess how the concrete behaves with and without steel fiber, where 36 specifications were developed for the compressive strength test, with the percentages of 0%, 1%, 2% and 3% steel fiber Type CHO 80/60 NB for A time of 7, 14 and 28 days, 12 prismatic beams were also processed for the flexural strength test for a time of 28 days, where 0% was the standard sample. As a result, it is obtained that for the compression resistance test, the control standard sample a  $F'_c = 366.58 \text{ Kg / cm}^2$  and 1% of steel fiber a  $F'_c = 388.72 \text{ Kg / cm}^2$  is obtained, being 6.04 % mayor than the standard sample. On the other hand, in the prismatic beams, when adding 3% of steel fiber a resistance of 43.51 kg / cm<sup>2</sup> was obtained, being a percentage of 17.47%, exceeding the sample without fiber that was 37.04 kg / cm<sup>2</sup>, the data affected It was processed through the SPSS statistical analysis program. In conclusion, it was determined that steel fiber improves the mechanical properties of concrete, with 1% being the most suitable percentage for compression stresses and 3% for flexural stresses.

**KEYWORDS:** Steel fiber, specimens, concrete, compression resistance, flexural strength

## I. INTRODUCCIÓN

En verdaderos campos dinamitados que requieren una audaz destreza al frente del volante, se han convertido las principales calles y avenidas de Trujillo, el deterioro de las pistas resulta catastrófico (Moreno, 2013), ya sea por el exceso de las cargas vehiculares, el mal proceso constructivo al no respetar los parámetros de diseño establecidos en el Manual de Carreteras, por la calidad de los materiales o por el mantenimiento inadecuado de las vías, además los pavimentos se ven expuestos a los cambios bruscos de temperatura que con el tiempo van debilitando la estructura, así mismo el acero o parrilla metálica que se emplea como refuerzo del concreto para la construcción de los pavimentos rígidos es atacado por la corrosión causada por la humedad del ambiente, debido a todo esto la estructura termina debilitándose, en los pavimentos de concreto se generan diversos tipos de fallas como fisuras, grietas, hundimientos, rajaduras que disminuyen su funcionalidad, es por ello que se planteó utilizar un material que mejore la calidad del pavimento, prolongue su tiempo de vida y servicio y pueda mejorar sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y a la flexotracción para un concreto de  $F'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

El concreto es el material más utilizado en el sector de la construcción, ya que es de bajo costo, es muy trabajable y es resistente a la compresión, sin embargo, una de sus mayores desventajas es que es un material muy rígido, lo cual indica que posee poca resistencia a las cargas que generan flexotracción, ante esta problemática se planteó utilizar fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB como reforzamiento del hormigón, ya que la adición de este elemento ofrece mayor flexibilidad a la estructura, brindándole una mayor capacidad de soporte ante las distintas cargas a las que está sometido el pavimento.

El uso de la fibra de acero mejora las características del pavimento rígido, estas fibras permiten reducir las fisuras que aparecen con el tiempo y que terminan afectando la estabilidad de la capa de rodadura (Montoya, 2016).

Este material posee muchas ventajas ya que es de fácil aplicación, permite omitir el uso de las mallas metálicas que se emplean en los pavimentos rígidos y que demandan

tiempo en su colocación, también mejora las propiedades del concreto, aumentando la durabilidad de la estructura debido a que los filamentos de acero controlan mejor la fisuración no dejando que las grietas se propaguen (Sotil y Zegarra, 2015).

Para el diseño de mezcla, se empleó distintos porcentajes de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB para mejorar y aumentar las propiedades mecánicas del concreto de  $F'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.

Para conocer más acerca de las variables de estudio, citamos los siguientes trabajos previos que se investigaron: Castro (2016) en su tesis, el objetivo general fue evaluar el comportamiento del mortero añadiéndole porcentajes de 0.5% y 1.0% de fibra, a través de los distintos ensayos a los que fueron sometidas las muestras, se obtuvo como resultado que a los 28 días de curado, el mortero con fibra de polipropileno tuvo mejores características, logrando una resistencia real de 153,99 kg/cm<sup>2</sup>, a la compresión de prismas de 16,52 kg/cm<sup>2</sup> y finalmente a la adherencia una resistencia de 11,74kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo así que el mortero de fibras de polipropileno en la unión de mampostería es el que brindó una mejor resistencia.

Carrillo y Silva-Páramo (2016) realizaron una investigación donde el objetivo principal fue estudiar el desempeño a flexión de losas de concreto de  $F'c=280$ kg/cm<sup>2</sup> reforzadas con fibra de acero. Este estudio experimental realizó ensayos a flexión para analizar el comportamiento de las losas, se hicieron ensayos a compresión, tensión directa y flexión empleando 36 especímenes de forma cilíndrica y de ocho losas de concreto, seis losas con distintas dosificaciones de fibra (5, 9 y 18 kg/m<sup>3</sup>) y dos losas sin fibra. Los resultados de estos ensayos pudieron demostrar que, las deflexiones en las cargas máxima y última y la tenacidad en la falla de las losas tuvieron un aumento significativo a medida que se incrementaron las dosificaciones de la fibra de acero.

Sarta y Silva (2017) en su tesis el objetivo principal fue, elaborar un hormigón con una resistencia a la compresión de 3000 PSI y hacer una comparación con el concreto con 4% y 6% de fibra de acero, así mismo se elaboraron 18 testigos para el ensayo a

compresión y 9 vigas prismáticas para el ensayo a flexión, en sus resultados se obtuvieron que a los 28 días de curado, con un 6% de fibra, se obtuvo 4350.164 PSI en el ensayo a compresión y en flexión se consiguió 835.77PSI, se concluyó que a compresión aumento un 17.54% la resistencia y a flexión aumentó un 42.26%.

Sotil y Zegarra (2015) en su tesis tuvieron como objetivo principal hacer una comparación entre las propiedades mecánicas del concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  con refuerzo de fibra metálica de  $20\text{kg/m}^3$  y  $25\text{kg/m}^3$ , y sin refuerzo. Como resultado se obtuvo que la incorporación de fibras no alteró las propiedades del concreto en estado fresco, pero a compresión el concreto reforzado con fibras se comporta mejor mecánicamente que el concreto sin refuerzo, con una resistencia inicial de 30% llegando a estabilizarse a una resistencia del 15%, así mismo en el ensayo a flexotracción se pudo evidenciar una mejora considerable en su resistencia, a los 28 días de curado el concreto sin fibra obtuvo un módulo de rotura (MR) de  $3.65\text{MPa}$  ( $37.19\text{Kg/cm}^2$ ), el concreto reforzado con fibras de acero tipo Wirand ff3 para la dosificación de  $20\text{kg/m}^3$  su MR fue de  $4.26\text{MPa}$  ( $43.41\text{kg/cm}^2$ ) y para  $25\text{kg/m}^3$  el MR fue de  $4.67\text{MPa}$  ( $47.59\text{kg/cm}^2$ ) y finalmente para el hormigón con fibra tipo Wirand ff4 de  $20\text{kg/m}^3$  su MR fue de  $4.40\text{MPa}$  ( $44.84\text{kg/cm}^2$ ) y para  $25\text{kg/m}^3$  de fibra el MR fue de  $5.57\text{MPa}$  ( $56.76\text{kg/cm}^2$ ). Se pudo concluir que las fibras metálicas mejoran notablemente las propiedades del hormigón, sobre todo la resistencia a la flexotracción, ya que a mayor dosificación de fibra el MR aumenta.

Flores (2018) en su tesis, tuvo como finalidad determinar cómo influía la incorporación de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$ , para un concreto de ( $48\text{kg/m}^3$ ) empleó dosificaciones de 0.50%, 1% y 2% de fibras metálicas. Como resultados se obtuvo que en el ensayo a compresión a 28 días de curado, la muestra patrón (sin fibra de acero) tuvo una resistencia de  $F'c=396\text{kg/cm}^2$ , la muestra de 0.5% de fibra obtuvo una resistencia de  $F'c=408\text{kg/cm}^2$ , a 1% de fibra de acero el  $F'c=421\text{kg/cm}^2$  y a 2% de adición de fibra la resistencia fue de  $F'c=439\text{kg/cm}^2$ , en el ensayo a flexión se empleó una muestra sin fibra y una muestra con 2% de adición de fibra metálica, para la edad de 28 días el concreto sin fibra de acero alcanzo un módulo

de rotura de 3.14 MPa (32kg/cm<sup>2</sup>), mientras que el hormigón con 2% de fibra obtuvo un módulo de rotura de 4.33 MPa (44.12kg/cm<sup>2</sup>). Se pudo concluir que el porcentaje óptimo de fibra es de 2%, es así que la adición de estas fibras mejoró las propiedades del concreto, otorgándoles mayor soporte frente a las cargas a las que se ve a ver sometido el pavimento rígido.

Polo y Risco (2018) en su tesis tuvieron como principal objetivo demostrar de qué manera las fibras de acero tipo CHO 65/35 NB mejoran las propiedades tanto físicas como mecánicas del concreto de  $F_c=280\text{kg/cm}^2$ . Se empleó dos porcentajes de fibra de acero de 1.5% y 3% y una muestra patrón, las muestras fueron sometidas a distintos ensayos de los cuales se obtuvo como resultado que, a 28 días de curado, el porcentaje óptimo de fibra fue de 1.5% con una resistencia de 503kg/cm<sup>2</sup> en el ensayo a compresión, mientras que para el ensayo a flexotracción el porcentaje más adecuado fue el de 3% de fibra con una resistencia de 1.92N/mm<sup>2</sup> (10.19kg/cm<sup>2</sup>).

Cuenca y Solórzano (2018) en su tesis, el objetivo fue evaluar el efecto que tienen las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a flexión del hormigón, se realizó el diseño de mezcla para un  $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , donde se elaboraron 48 probetas prismáticas para la edad de 14 y 28 días, así mismo 12 probetas fueron la muestra control y a 36 probetas se les añadió 10%,15% y 20% de fibras, como resultado se obtuvo que a los 28 días la resistencia de la muestra patrón fue de 30.1kg/cm<sup>2</sup> y para el concreto con 20% de fibras se consiguió 32.5kg/cm<sup>2</sup>, asimismo obtuvieron como resultado que mediante el programa SPSS, las probetas control elaboradas a 28 días de edad a diferencia de las demás probetas añadidas con fibras no cumplieron con la prueba SPSS, por consiguiente usaron la prueba no paramétrica de Kruskal – Wallis, el cual nos dice que sus resistencias promedios obtenidas no tienen diferencias significativas entre ellas. Por lo tanto, concluyeron que añadiendo el 20% de fibra de acero y polipropileno, alcanzaron una mejor resistencia que la muestra control.

Araujo (2018) en su tesis, el objetivo principal fue, evaluar la influencia de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto. Se realizó 48

probetas cilíndricas, para un tiempo de curado de 14 y 28, en los resultados el grupo de mayor resistencia a la compresión con 20% de fibras donde fue de 322.98kg/m<sup>2</sup> (31.67MPa), en conclusión, el grupo con 20% de fibra de acero y de polipropileno supera un 8.10% a la muestra control del concreto.

Es importante conocer algunas teorías relacionadas con nuestro tema de investigación, ya que nos permitirá obtener un mejor conocimiento de los materiales empleados y de los ensayos que se realizará en el desarrollo de esta tesis.

“Los agregados son materiales importantes, ya que ocupan el mayor porcentaje del volumen del concreto, asimismo es fundamental que los agregados estén libres de impurezas como materia orgánica, barro y limo, de tal modo puedan tener una mejor resistencia y durabilidad en la mezcla del concreto, del mismo modo los agregados se clasifican en finos y gruesos, donde los finos son aquellos que pasan el tamiz 3/8” y son retenido en el tamiz N° 200 y los gruesos son aquellos que son retenidos en el tamiz N° 4” (Abanto, 2009, p. 23).

Pasquel (1998), menciona las siguientes características de los agregados: “peso específico, es el resultado del peso del agregado dividido entre el volumen sin incluir los vacíos; el peso unitario, es el peso del agregado dividido entre el volumen total del mismo incluyendo los vacíos” (p.74).

Asimismo “la absorción es el aumento de la masa del agregado debido a que el agua ingresa por los poros de las partículas, el cual es expresado en porcentaje (%). Es importante conocer el porcentaje de absorción de los agregados, ya que este influye en las propiedades de resistencia y trabajabilidad en la mezcla del concreto” (NTP 400.022, 2013, p. 5).

Pasquel (1998, p. 90) menciona que, “el análisis granulométrico es la separación de las partículas del agregado según sus dimensiones que pasan por mallas de aberturas conocidas, con el propósito de saber los volúmenes de los diferentes tamaños de las

partículas, se pesa el material que es retenido y se expresa en porcentaje en función al peso total.”

También se tiene que, “el contenido de humedad es la relación del peso del agua de la muestra del agregado entre su peso secado en el horno a 110°C, expresado en porcentaje” (NTP 339.127, 1998, p.2).

Es importante saber que “el diseño de mezclas es un método de dosificación, el cual nos permite medir la cantidad de material en función al peso y volumen del cemento, agregado fino y grueso y agua. Asimismo, este debe cumplir con las propiedades físicas (trabajabilidad, segregación) y mecánicas (compresión, tracción y flexión)” (Romero y Hernández, 2014, p.35).

Abanto (2009) menciona que, la trabajabilidad es la facilidad de manipular un material, transportarla y colocarla adecuadamente, el método que se emplea es el Slump (cono de Abrams) y la consistencia es la cantidad de agua que hay en una mezcla.

Según la norma E 060 (2009) “El concreto es la mezcla de cemento, agregado fino, grueso y agua, con o sin aditivos, que se incorporan en diferentes cantidades dependiendo de la resistencia requerida, el concreto se endurece y como resultado se obtiene una piedra artificial” (p.14).

Para determinar las propiedades mecánicas se emplea los siguientes ensayos:

La NTP 339.034 (2008) menciona que, “El ensayo a compresión es el método que consiste en aplicar una carga axial a los cilindros hasta que ocurra la falla. Para su cálculo se divide la carga máxima que se obtuvo entre el área de la sección de la probeta” (p.13).

El MTC en su manual de ensayo de materiales define que, “El ensayo a flexotracción es el método a través del cual se le aplica a una viga de determinadas medidas carga a los tercios de la luz, obteniendo el módulo de rotura” (MTC E 709, 2016 p 823).

Mármol (2010), refiere que, “Las fibras de acero son filamentos de longitud corta y sección pequeña, compuesto por alambre trefilado y acero bajo en carbono, que al añadirle a la mezcla de concreto confiere ciertas propiedades específicas, como el control de la fisuración, incremento de resistencia al fuego y mayor amortiguamiento ante las vibraciones producidas por cargas. Las fibras acero ofrecen un mejor anclaje, de tal modo que controlan mejor la deformación por contracción” (p. 18).

Las ventajas que ofrece la fibra Tipo CHO 80/60 NB son que, incrementa la resistencia del concreto al impacto, aumenta la ductilidad, tiene extremos en forma de gancho, que permite obtener un mayor anclaje en el hormigón (Sika, 2016).

El pavimento rígido es una estructura compuesta por una capa de sub - base granular, sin embargo, esta capa puede ser de base granular o estabilizada con cemento, asfalto o cal y una capa de rodadura de losa de concreto (Manual de carreteras, 2013, p. 24).

Se tiene varios tipos de pavimentos rígidos, como el pavimento de concreto sin refuerzo, pavimento reforzado y el pavimento con refuerzo continuo (Inciarte, 2012).

Las aplicaciones de las fibras de acero en la construcción son para estabilización de taludes, revestimiento de túneles, paredes de sótanos, pavimentos en puertos, aeropuertos. (Cánovas, p.14), así mismo la empresa Sika® menciona que se aplica en losas industriales, en cimientos de concreto para reemplazar la malla de temperatura, en reservorios, tanques, etc.

El desarrollo de esta tesis se fundamenta en la siguiente interrogante: ¿Cuál es el efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  aplicado en un pavimento rígido?

Esta tesis se justifica teóricamente ya que hizo uso de procedimientos y metodologías basados en el Manual de carreteras, manual de ensayo de materiales y otras normas relacionadas al tema de estudio, procura dar a conocer la utilización de las fibras

metálicas adicionado al concreto, lo cual servirá como base y/o antecedente para futuras investigaciones experimentales relacionadas al tema, que tengan como fin mejorar las propiedades mecánicas del concreto adicionando fibra de acero, aplicado en un pavimento rígido.

Esta tesis se justifica de manera practica con la intención de ser una alternativa de solución ante la problemática que surge debido al mal estado en el que se encuentran los pavimentos de la ciudad de Trujillo, es así que las fibras agregado a la mezcla de  $F'c = 280\text{kg/cm}^2$  actúan como un refuerzo, mejorando significativamente sus propiedades mecánicas, su uso es esencial ya que permitirá disminuir las fisuras generadas en los pavimentos rígidos, debido a que actúan como un engranaje en la mezcla del concreto, haciéndolo más resistente a los esfuerzos a los que está sometido el pavimento, además se alcanzan resistencias similares a las del hormigón armado tradicional, permitiendo la sustitución parcial o total del armado y por lo tanto conllevando a un ahorro significativo de tiempo y costo en un proyecto.

Metodológicamente es adecuado, ya que para lograr los objetivos de estudio se empleó como técnica de investigación la observación para recoger los datos, como instrumento se usó la guía de observación y su procesamiento en cuadros estadísticos a través de la toma de datos de los ensayos que se usaron para medir el porcentaje óptimo de fibra de acero. Con ello se pretende conocer el efecto de la fibra adicionado a la mezcla. De este modo los resultados de esta investigación están apoyados en técnicas de investigación válidas.

Como objetivo general se tiene, determinar el efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  aplicado en un pavimento rígido y se tiene como objetivos específicos, realizar el estudio de mecánica de suelos, elaborar el diseño de mezclas, realizar ensayos de las propiedades mecánicas y realizar el análisis estadístico.

Como hipótesis se plantea que, la adición de la fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB afectará positivamente en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$ , mejorando su resistencia a compresión y flexotracción aplicado en un pavimento rígido.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

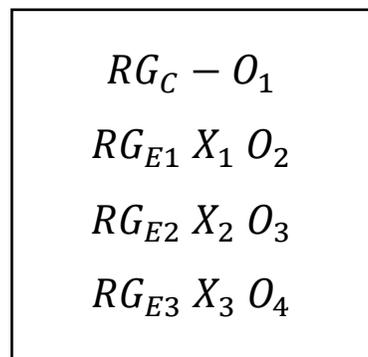
Esta tesis tiene un enfoque cuantitativo, porque se recolectó datos que demostraron la hipótesis anteriormente dada a través de magnitudes numéricas.

Según el nivel es explicativa, porque a través de ensayos se determinó como afecta en las propiedades del concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  la adición de fibra de acero, de tal manera se estableció la relación de causa y efecto.

La investigación tiene una finalidad básica, ya que es un proyecto de investigación que generará conocimiento, el cual se puede emplear para solucionar problemas de fallas que aparecen en los pavimentos.

La investigación tiene una temporalidad transversal, porque se estudió las muestras de concreto para determinar que tanto mejora las propiedades del concreto cuando se le adiciona fibras de acero.

El diseño de esta investigación es Experimental Puro, diseño con post – prueba y grupo control, porque se comparó el diseño de una mezcla patrón con el diseño de una mezcla conteniendo fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB en porcentajes de 1%, 2% y 3%.



Dónde:

R: Asignación al azar o aleatoria.

$G_C$ : Mezcla del concreto sin fibra de acero.

$G_{E1}$ : Mezcla de concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  con adición de 1% de fibra de acero.

$G_{E2}$ : Mezcla de concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  con adición de 2% de fibra de acero.

$G_{E3}$ : Mezcla de concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  con adición de 3% de fibra de acero.

$X_1$ : Estimulo de intensidad 1%.

$X_2$ : Estimulo de intensidad 2%.

$X_3$ : Estimulo de intensidad 3%.

—: Ausencia de fibra de acero.

$O_1, O_2, O_3, O_4$ : Medición de las propiedades mecánicas del concreto.

## 2.2.Operacionalización de variables.

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente	Fibra de acero	Son filamentos de acero y de longitud corta, compuesto por alambre trefilado y acero bajo en carbono que se emplean para reforzar el concreto sin alterar sus demás componentes. (Carrillo y Silva, 2016)	La elaboración del concreto, estará compuesta por cemento portland Tipo II, agregado grueso y fino, agua y fibra de acero tipo CHO 80/60 NB. Se adicionará la fibra en porcentajes de 1%, 2% y 3% del peso del concreto y se agregará a la mezcla una vez que todos los demás materiales hayan sido incorporados.	Porcentaje de fibra de acero	1%, 2% y 3%	De razón
Variable dependiente	Propiedades mecánicas del concreto $F'c=280\text{kg/cm}^2$	El concreto en estado endurecido tiene propiedades mecánicas para un adecuado funcionamiento, contiene la capacidad mecánica para soportar esfuerzos, debe conseguir una composición idónea para que no genere un deterioro prematuro en el concreto. (Montoya 2019)	Se determinarán las propiedades físicas del agregado grueso y fino a través del estudio de mecánica de suelos, luego se realizará el diseño de mezcla de un concreto de $F'c=280\text{kg/cm}^2$ considerando los porcentajes de 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB, posteriormente se determinarán las propiedades mecánicas a través del ensayo a compresión para un periodo de 7, 14 y 28 días y del ensayo a flexotracción para 28 días, finalmente los resultados obtenidos se procesarán en el programa de análisis estadístico SPSS.	Mecánica de suelos	Análisis granulométrico	De razón
					Contenido humedad	
					Peso específico, absorción	
				Diseño de mezclas	Sin fibras acero	
					Con fibras acero	
				Propiedades mecánicas del concreto	Resistencia a la compresión	
Resistencia a la flexotracción						
Análisis estadístico	Prueba de normalidad					
	Prueba Anova, Tukey					

## 2.3. Población, muestra y muestreo

### 2.3.1. Población:

La población fueron las probetas cilíndricas cuyas medidas son de 15cm de diámetro y 30cm de altura y las vigas prismáticas de 15cm de base, 15cm de altura y 60cm de longitud.

### 2.3.2. Muestra:

La muestra fue el concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  considerando los criterios de dosificación establecidos por el método ACI.

Tabla 1. Número de probetas de concreto para el ensayo a compresión.

Tipo de ensayo	Porcentaje de fibra de acero	Tiempo de curado			Total, de muestras
		7 días	14 días	28 días	
Resistencia a la compresión	0%	3	3	3	9
	1%	3	3	3	9
	2%	3	3	3	9
	3%	3	3	3	9
Total		12	12	12	36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Número de probetas de concreto para el ensayo a flexotracción

Tipo de ensayo	Porcentaje de fibra de acero	Tiempo de curado 28 días	Total de muestras
Resistencia a la flexotracción	0%	3	3
	1%	3	3
	2%	3	3
	3%	3	3
Total		12	12

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3. Muestreo:

Se empleó el tipo de muestreo probabilístico – aleatorio simple, ya que las muestras de concreto para la ruptura de las probetas se seleccionaron al azar, cuyos resultados obtenidos mediante el ensayo a compresión basado en la norma ASTM C39 y el ensayo a flexotracción basado en la norma ASTM C78 se procesaron en programas estadísticos para analizar los datos.

### 2.3.4. Unidad de estudio:

Fue cada probeta que se utilizó en el desarrollo de esta investigación, se consideró 3 muestras por cada porcentaje de fibra de acero, para tener una mayor aproximación en los resultados de la ruptura de los testigos.

## 2.4. Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnica:

Se empleó la observación, ya que se trató de una visualización directa de los materiales, que nos permitió recolectar información sin alterarla en favor del investigador.

### 2.4.2. Instrumento:

Se utilizó la guía de observación, ya que se empleó formatos establecidos según las distintas normas que se utilizó, lo cual nos permitió realizar los ensayos de manera segura y confiable.

- Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos (ASTM C-136)
- Contenido de Humedad de los agregados por secado (NTP 339.127, MTC E 108)
- Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127, NTP 400.021, MTC E 206)
- Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128, NTP 400.022, MTC E 205)
- Peso unitario y vacíos de agregados (ASTM C-29)
- Diseño de Mezcla (ACI-COMITÉ 211)

- Ensayo a compresión (ASTM C-39, NTP 339.034, MTC E 704)
- Ensayo a flexotracción (ASTM C 78, MTC E 709, NTP 339.078, AASHTO T97)

#### 2.4.3. Validez y confiabilidad:

Al emplear formatos estandarizados respaldados por las distintas normas para realizar los ensayos, como la NTP, ASTM, ACI, los resultados fueron de confianza.

#### 2.5. Procedimiento

- Ensayo de granulometría (NTP 400.020, ASTM C-136, MTC E 204)

Este ensayo se realizó con el fin de poder clasificar el agregado fino y grueso de la muestra de suelo, se realizó a través de un tamizado que consiste en la separación del material por medio de tamices con abertura de 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, luego esos datos fueron expresados a través de una curva granulométrica, la cual representa el porcentaje acumulado del agregado que pasa y el diámetro del tamiz que se emplea.

Para el agregado grueso se utilizó 2870g, mientras que para el agregado fino se usó 1350g, en una balanza calibrada se pesó el material retenido en cada tamiz y se obtuvo el peso total de la muestra ensayada, seguidamente se calculó el porcentaje de material que se retuvo en cada tamiz con respecto a su peso total.

El tamaño máximo fue el tamiz por donde pasó toda la muestra, el tamaño máximo nominal fue el tamiz donde se dio el primer retenido del material y el módulo de fineza fue la centésima parte del total del porcentaje retenido.

- Contenido de humedad (NTP 339.127, MTC E 108)

Se obtuvo primero la masa de la muestra, luego, se colocó en una fuente y se puso a secar en un horno con temperatura a  $110 \pm 5C^{\circ}$ , la diferencia de las masas antes de secar y después de retirar del horno, es el contenido de humedad.

$$W(\%) = \frac{(W1 - W2)}{(W2 - WC)} * 100$$

$$W(\%) = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Dónde:

W = Contenido de humedad (%)

W1 = Peso del recipiente y la muestra húmeda (gr)

W2 = Peso del recipiente y la muestra seca (gr)

WC = Peso del recipiente (gr)

Ww = Peso del agua (gr)

Ws = Peso de las partículas sólidas (gr)

- Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127, NTP 400.021, MTC E 206)

Este ensayo determina la densidad de las partículas individuales de una muestra. Se remojó la muestra por 24 horas, luego se retiró el agua y se puso a secar la muestra en un paño absorbente. Se obtuvo el peso de la muestra saturada. Posteriormente se colocó la muestra en la canastilla y se sumergió en agua, así se obtuvo su peso en agua. Finalmente se secó la muestra hasta peso constante y se dejó enfriar por un par de horas y se obtuvo su peso en seco.

A través de la aplicación de unas formulas se calcularon los pesos específicos.

Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{B - C}$$

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

$$P_{emsss} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente (Pea):

$$P_{ea} = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (%):

$$Abs. (\%) = \frac{B - A}{A} * 100$$

Dónde:

A = Peso en el aire de la muestra seca.

B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca.

C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada.

- Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128, NTP 400.022, MTC E 205)

Este ensayo se empleó para conocer qué cantidad de agua se pudo alojar en el agregado fino.

Para este ensayo se usó aproximadamente 1kg de agregado fino y se hizo un cuarteo del material, el cual fue colocado en el horno a 110° °C, luego se dejó reposar 2 horas hasta lograr su enfriamiento y se sumergió en agua por 24 horas. Luego se retiró la muestra y se secó con un secador mecánico, para comprobar que la muestra ya no tenía humedad se colocó el material en un cono metálico en tres capas y se apisonó por cada capa 25 veces, se retiró el cono para observar su desmoronamiento, esto nos permitió comprobar que efectivamente la muestra alcanzó su superficie seca. Después se metió 500 gramos de la muestra en una fiola con agua destilada y se puso a baño maría entre 21°C y 25°C por una hora, pasado este tiempo se pesó la fiola conteniendo la muestra y el agua. Finalmente se introdujo en el horno para secarlo y así se obtuvo su peso en estado seco.

A través de la aplicación de unas formulas establecidas en la norma para ensayo de materiales del MTC, se calculó el peso específico y absorción del agregado fino.

Peso específico de masa (Pem):

$$P_{em} = \frac{A}{B + S - C}$$

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

$$P_{emsss} = \frac{S}{B - C - S}$$

Peso específico aparente (Pea):

$$P_{ea} = \frac{A}{B + A - C}$$

Absorción (%):

$$Abs. (\%) = \frac{S - A}{A} * 100$$

Dónde:

A = Peso en el aire de la muestra seca.

B = Peso de la fiola aforada llena de agua.

C = Peso total de la fiola aforada con la muestra de agua.

S = Peso de la muestra saturada con superficie seca.

- Peso unitario y vacío de los agregados (ASTM C29, MTC E 203, NTP 400.017)  
Peso unitario – método suelto: Primeramente, se pesó el recipiente de volumen conocido, luego se colocó la muestra y se eliminó el material sobrante con ayuda de una regla.

Peso unitario – método compactado: Se pesó el molde vacío y posteriormente el agregado se llenó en tres capas, con una varilla se apisonó 25 veces por cada capa y se enrasó para eliminar el material sobrante y se procedió a pesar en una balanza calibrada, obteniendo el peso del suelo más el molde.

Porcentaje de vacíos: Se calculó el contenido de vacíos utilizando el peso unitario calculado.

$$\%Vacios = \frac{(A * W) - B}{(A * w)}$$

Dónde:

A=Peso específico de masa.

W= Densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup>).

B= Peso unitario del agregado.

- Asentamiento del concreto (Slump) ASTM C143, MTC E705, NTP 339.035  
El objetivo de este ensayo fue determinar el asentamiento del concreto. Para realizar esta prueba primeramente se tomó una muestra representativa del concreto preparado, se colocó dentro del cono en tres capas iguales y se compacto con 25 golpes por cada capa, finalmente se volteó el cono metálico y con ayuda de una wincha procedimos a medir el asentamiento que debe estar en el rango 1” - 3” (véase tabla 3)

Tabla 3. Asentamientos recomendados para diversos tipos de obra

Tipo de estructura	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados.	3”	1”
Cimentaciones simples y calzaduras	3”	1”
Vigas y muros armados	4”	1”
Columnas	4”	1”
Losas y pavimentos	3”	1”
Concreto ciclópeo	2”	1”

Fuente: Comité 211 del ACI.

Resistencia a la compresión (ASTM C-39, NTP 339.034, MTC E 704)

Los moldes cilíndricos fueron de 15cm de diámetro por 30cm de altura. Se hizo el ensayo por cada tres muestras, para así determinar los resultados de la resistencia a través de su promedio.

Para el ensayo primeramente se midió el diámetro de los testigos, se colocaron las muestras en la prensa universal perfectamente alineadas al centro de presión del bloque superior, a una velocidad constante hasta que ocurra la falla.

La resistencia se obtuvo dividiendo la máxima carga que soportó el espécimen por el área de la probeta.

- Resistencia a la flexotracción (ASTM C78, MTC E 709, NTP 339.078)

Las vigas fueron de 15cm x 15 cm de sección y 60 cm de largo. Se realizó tres muestras por cada porcentaje de fibra, para un tiempo de 28 días, por lo tanto, fueron 12 vigas elaboradas, con la finalidad de obtener resistencias más exactas al promediar los resultados de las tres muestras.

La rotura de las vigas se realizó en la universidad Nacional de Trujillo, primeramente, se midió la sección de las vigas para obtener su área, posteriormente se colocó centrando sobre los bloques de carga de la máquina. Se ponen los bloques de aplicación de carga con la viga a los tercios entre los soportes. Con los valores de la fuerza aplicada y el área de las vigas se obtuvo el módulo de rotura.

## 2.6.Método de análisis de datos

Se creó una base de datos en el programa computacional Excel para registrar los datos obtenidos de los ensayos de granulometría, contenido de humedad de los agregados, el peso específico y absorción de los agregados, el peso unitario suelto y vacío de los agregados, el diseño de mezcla, la dosificación de los materiales, así como también el ensayo a compresión y el ensayo a flexotracción registrados en tablas y representando las resistencias obtenidas a través de gráficos de barras y circulares, se utilizó el programa SPSS para la agrupación de los datos a través del cual se obtuvo

el análisis de varianza (ANOVA), este software permitió comparar la muestra sin fibra de acero con las muestras de fibra de acero de 1%, 2% y 3%.

#### 2.7.Aspectos éticos

Nuestros resultados son legítimos y confiables ya que son las normas que empleamos para los distintos ensayos las que nos respaldan (método ACI, norma ASTM, Manual de ensayo de materiales del MTC, NTP), nos regimos a las distintas normas mencionadas para los distintos ensayos que hicimos, respetando los parámetros y procedimientos que la norma nos exige, además los ensayos se realizaron en laboratorios de calidad y fueron hechos por profesionales capacitados y con experiencia, de tal manera que los resultados no pudieron ser alterados

### III. RESULTADOS

Para el desarrollo de esta tesis se llevó a cabo el estudio de los agregados que fueron extraídos de la cantera Gutiérrez, la cual está ubicado en el distrito de Chicama, perteneciente a la provincia de Ascope, departamento de la Libertad.

#### 3.1. Estudio de mecánica de suelos.

##### 3.1.1. Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.

Se realizó el tamizado de 2870gr, cuyos datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de granulometría del agregado grueso.

Tamices ASTM	Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
3"	76.200	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	67.110	2.34	2.34	97.66
3/4"	19.050	512.710	17.86	20.20	79.80
1/2"	12.700	1162.440	40.50	60.71	39.29
3/8"	9.525	635.440	22.14	82.85	17.15
N°4	4.178	484.030	16.87	99.71	0.29
N°8	2.360	6.520	0.23	99.94	0.06
Plato		1.750	0.06	100.00	0.00
Total		2870.000	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados, se pudo obtener el módulo de fineza de 7.03, tamaño máximo de 1" y un tamaño máximo nominal de ¾".

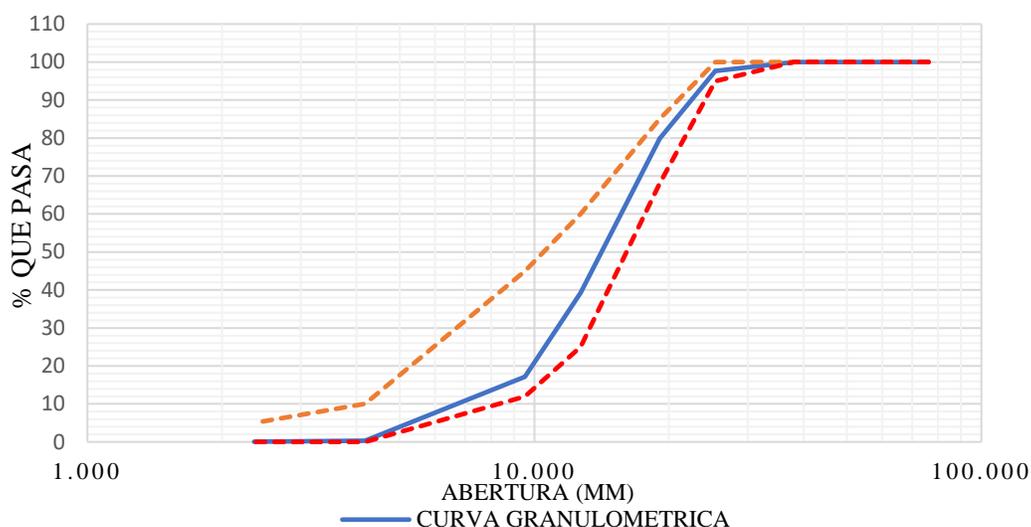


Figura 1. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra los porcentajes de material que pasa por los tamices, cumpliendo así con los porcentajes establecidos por la norma ASTM C136.

Así mismo se hizo el tamizado de 1350gr de agregado fino:

Tabla 5. Análisis de granulometría del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura del tamiz (mm)	Peso retenido (g)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
3/8"	9.525	0.000	0.00	0.00	100.00
N°4	4.178	1.050	0.08	0.08	99.92
N°8	2.360	255.840	18.95	19.03	80.97
N°16	1.180	266.050	19.71	38.74	61.26
N°30	0.600	90.630	6.71	45.45	54.55
N°50	0.300	333.780	24.72	70.17	29.83
N°100	0.150	274.110	20.30	90.48	9.52
PLATO		128.540	9.52	100.00	0.00
TOTAL		1350.000	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

En base a los resultados, se obtuvo el módulo de fineza de 2.64, un tamaño máximo de N°4 y finalmente un tamaño máximo nominal N°8.

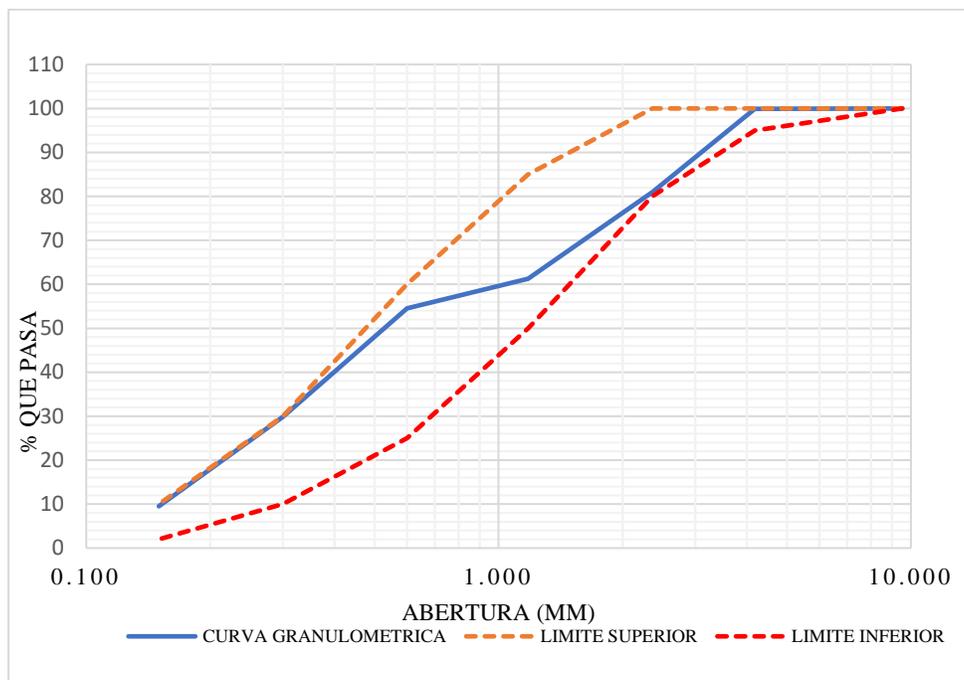


Figura 2. Análisis granulométrico del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra los porcentajes de material según nuestro ensayo de granulometría, cumpliendo así con los porcentajes establecidos por la norma ASTM C136.

### 3.1.2. Contenido de humedad

Se obtuvo el porcentaje promedio del contenido de humedad para ambos agregados, como muestra la tabla 6 y 7.

Tabla 6. Contenido de humedad

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.02	51.53	51.52
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	173.33	155.78	161.77
Fuente: Elaboración propia.	172.58	155.14	161.28
Peso del suelo seco (g)	121.56	103.61	109.76
Peso del agua (g)	0.75	0.64	0.49
% de humedad	0.62%	0.62%	0.45%
% de humedad promedio		0.56%	

Se obtuvo un porcentaje de humedad promedio de 0.56%

Tabla 7. Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	53.05	48.88	52.83
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	196.32	165.76	179.59
Peso del tarro + suelo seco (g)	194.56	164.32	178.07
Peso del suelo seco (g)	141.51	115.44	125.24
Peso del agua (g)	1.76	1.44	1.52
% de humedad	1.24%	1.25%	1.21%
% de humedad promedio		1.23%	

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo un porcentaje promedio de 1.23%.

### 3.1.3. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Se realizó un cuarteo y se pesó una cantidad de 2000 gr; dicha muestra primeramente fue lavada, posteriormente la muestra fue colocada dentro de la canastilla de acero, el cual fue sumergido en agua y así se obtuvo el peso de la muestra saturada, por último, se colocó en un horno a 100°C por un día, seguidamente se retiró la muestra para ser pesado y se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 8. Peso específico y absorción del agregado grueso.

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02
A = Peso en el aire de la muestra seca(g)	2289.30	3133.00
B = Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2328.40	3180.70
C = Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1449.90	1987.10
Peso específico de masa (Pem)	2.61	2.62
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pemsss)	2.65	2.66
Peso específico aparente (Pea)	2.73	2.73
Absorción (%)	1.71	1.52
Peso específico de masa promedio (Pem)		2.62
Peso específico de masa saturada con superficie seca promedio (Pemsss)		2.66
Peso específico aparente promedio (Pea)		2.73
Absorción promedio (%)		1.62

Fuente: Elaboración propia.

Como peso específico de masa promedio se obtuvo 2.62g/cm<sup>3</sup>, peso específico de masa saturada 2.66g/cm<sup>3</sup>, peso específico aparente 2.73g/cm<sup>3</sup> y una absorción de 1.62%.

#### 3.1.4. Peso específico y absorción del agregado fino.

El resultado del ensayo se obtuvo realizando un cuarteo inicial, se seleccionó una parte de la muestra y se dejó secar en el horno a 100-110°C, transcurrido un par de horas se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente y se vertió en una fiola y se puso a baño maría a 21-25°C por una hora, se vació el material dentro de una bandeja de aluminio y finalmente se colocó en el horno por todo un día y se pesó como muestra seca.

Tabla 9. Peso específico y absorción del agregado fino.

Descripción	Ensayo 01	Ensayo 02
A = Peso en el aire de la muestra seca (g)	483.50	483.50
B = Peso de la fiola aforada llena de agua (g)	666.60	680.70
C = Peso total de la fiola, aforada con la muestra de agua (g)	973.50	987.60
S = Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (Pem)	2.50	2.50
Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pemsss)	2.59	2.59
Peso específico aparente (Pea)	2.74	2.74
Absorción (%)	3.41	3.41
Peso específico de masa promedio (Pem)	2.50	
Peso específico de masa saturada con superficie seca promedio (Pemsss)	2.59	
Peso específico aparente promedio (Pea)	2.74	
Absorción promedio (%)	3.41	

Fuente: Elaboración propia.

Como peso específico de masa promedio se obtuvo 2.50g/cm<sup>3</sup>, peso específico de masa saturada 2.59g/cm<sup>3</sup>, peso específico aparente 2.74g/cm<sup>3</sup> y una absorción de 3.41%.

### 3.1.5. Peso unitario y vacío – Método suelto y compactado por apisonado.

Método suelto:

Para este estudio se pesaron los moldes metálicos y se colocó el agregado fino y el grueso en diferentes moldes posteriormente se pesó en la balanza electrónica y se adquirió los siguientes datos:

Tabla 10. Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso - método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (g)	8583.00	8583.00
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	10314.00	10314.00
Peso del suelo húmedo + frasco (g)	22820.00	22920.00
Peso del suelo húmedo (g)	14237.00	14337.00
Peso unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.380	1.390
Contenido de humedad (%)	0.56%	
Peso unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.380	1.390
Peso unitario seco promedio (g/cm <sup>3</sup> )	1.385	
Peso unitario seco promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1385.205	
% de vacíos	47.04	

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1385.205kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 11. Peso unitario suelto y vacío del agregado fino - método suelto.

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (g)	4888.00	4888.00
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	3026.00	3026.00
Peso del suelo húmedo + frasco (g)	9760.00	9740.00
Peso del suelo húmedo (g)	4872.00	4852.00
Peso unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.610	1.603
Contenido de humedad (%)	1.23%	
Peso unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.610	1.603
Peso unitario seco promedio (g/cm <sup>3</sup> )	1.607	
Peso unitario seco promedio (kg/m <sup>3</sup> )	1606.742	
% de vacíos	35.83	

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1606.742kg/m<sup>3</sup>.

Método compactado por apisonado:

Para este estudio se hizo el apisonado de los agregados, en tres capas y por cada capa se dio 25 golpes, se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 12. Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso – método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (g)	8583.00	8583.00
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	10314.00	10314.00
Peso del suelo húmedo + frasco (g)	24360.00	24310.00
Peso del suelo húmedo (g)	15777.00	15727.00
Peso unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.530	1.525
Contenido de humedad (%)		0.56%
Peso unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.530	1.525
Peso unitario seco promedio (g/cm <sup>3</sup> )		1.527
Peso unitario seco promedio (kg/m <sup>3</sup> )		1527.245
% de vacíos		41.61

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1527.245kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 13. Peso unitario suelto y vacío del agregado fino – método compactado por apisonado.

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (g)	4888.00	4888.00
Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	3026.00	3026.00
Peso del suelo húmedo + frasco (g)	10490.00	10470.00
Peso del suelo húmedo (g)	5602.00	5582.00
Peso unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.851	1.845
Contenido de humedad (%)		1.23%
Peso unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.851	1.845
Peso unitario seco promedio (g/cm <sup>3</sup> )		1.848
Peso unitario seco promedio (kg/m <sup>3</sup> )		1847.984
% de vacíos		26.20

Fuente: Elaboración propia.

Se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1847.984kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla se realizó usando el método ACI Comité 211.

Características de los materiales:

CEMENTO:

Tipo Pacasmayo TIPO II

Peso específico 3.15g/cm<sup>3</sup>

AGUA:

Peso específico 1000kg/m<sup>3</sup>

Tabla 14. Características del agregado grueso y el agregado fino

Características	Agregado grueso	Agregado fino
Perfil:	Angular	-
Peso unitario suelto:	1385.205 kg/m <sup>3</sup>	1606.742 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado:	1527.245 kg/m <sup>3</sup>	1847.984 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico:	2730 kg/m <sup>3</sup>	2740 kg/m <sup>3</sup>
Módulo de finura:	7.03 kg/m <sup>3</sup>	2.64 kg/m <sup>3</sup>
Tamaño máximo nominal:	3/4"	-
Porcentaje de absorción (%):	1.62%	3.41%
Porcentaje de humedad (%):	0.56%	1.23%

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.1. Resistencia promedio requerida ( $F'_{cr}$ )

Al no contar con un registro de resistencia de probetas estándar, se utilizó el siguiente cuadro de la NTE-E060 para obtener la resistencia promedio requerida ( $F'_{cr}$ ), la cual está en función de la resistencia del concreto  $F'_c=280\text{Kg/cm}^2$ .

Tabla 15. Resistencia promedio requerida.

$F'_c$	$F'_{cr}$
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 - 350	$F'_c + 84$
Mayor a 350	$F'_c + 98$

Fuente: NTE – E 0.60.

### 3.2.2. Contenido de agua

Para determinar el contenido del agua para un concreto sin aire incorporado, se utilizó la tabla 16 proporcionada por el comité 211 del ACI.

Tabla 16. Volumen unitario de agua.

Agua en l/m <sup>3</sup> , para los tamaños máximo nominales de agregado grueso y consistencia indicada.								
Asentamiento	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	16	150	142	122	107
3 a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI

La tabla nos dice que, para un tamaño máximo nominal de 3/4" del agregado grueso y un slump de 3", el volumen unitario del agua es de 205 l/m<sup>3</sup>.

### 3.2.3. Contenido de aire.

El contenido de aire atrapado se obtuvo ingresando a la tabla 17, teniendo como dato que nuestro tamaño máximo nominal de agregado grueso es de 3/4".

Tabla 17. Contenido de aire atrapado.

Tamaño máximo nominal del 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: Comité 211 del ACI.

Para un tamaño máximo nominal de 3/4" el aire atrapado es de 2.0%

### 3.2.4. Relación agua-cemento.

Para encontrar la relación  $a/c$  se hizo a través de la tabla N° 18, el cual se encuentra en función al  $F'_{cr}$ .

Tabla 18. Relación agua/cemento por resistencia.

$F'_{cr}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento ( $a/c$ ) en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Comité 211 del ACI

La relación agua/cemento se obtuvo de la interpolación de los valores 350kg/cm<sup>2</sup> y 400kg/cm<sup>2</sup>, ya que nuestro  $F'_{cr}=364\text{kg/cm}^2$  se encuentra entre ese rango, teniendo como resultado  $a/c=0.466$ .

### 3.2.5. Cantidad de cemento.

La cantidad de cemento se obtuvo dividiendo nuestro volumen de agua 205l/m<sup>3</sup> entre  $a/c=0.466$ , teniendo como resultado 439.914kg que es igual a 10.35 bolsas de cemento de 42.5kg.

### 3.2.6. Peso del agregado grueso.

Para obtener el peso, el cual está en función al tamaño de nuestro agregado grueso y al módulo de fineza del agregado fino, se utilizó la tabla 19.

Tabla 19. Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen del agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura del agregado fino. (b/bo)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.46	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del ACI.

Siendo el tamaño de nuestro agregado grueso de 3/4" y el módulo de finura de nuestro agregado fino de 2.64, se realizó la interpolación entre los valores 2.60 y 2.80, resultando un b/bo=0.636 que multiplicado por su peso unitario en estado seco compactado=1527.245kg/m<sup>3</sup>, obtuvimos el peso del agregado grueso=971.328kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.7. Volúmenes absolutos.

Habiendo calculado el peso del cemento, el agua, el agregado grueso y el volumen del aire, se procedió a calcular los volúmenes absolutos de cada material dividiéndolo entre su respectivo peso específico:

$$\text{Cemento} \text{ -----} > 439.914\text{kg/m}^3 / 3.15 / 1000 = 0.140 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \text{ -----} > 205\text{l/m}^3 / 1000 = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} \text{ -----} > 971.328\text{kg/m}^3 / 2730 = 0.356 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \text{ -----} > 2.0\% / 100 = 0.020 \text{ m}^3$$

Efectuando la sumatoria y restándole 1m<sup>3</sup> se obtuvo el volumen absoluto del agregado fino, que es igual a 0.80 m<sup>3</sup>.

### 3.2.8. Peso del agregado fino.

El peso se determinó multiplicando el volumen absoluto del material fino por su peso específico, es decir  $0.80\text{m}^3$  por  $2740\text{kg}$ , obteniendo como resultado  $765.96\text{kg}$  de agregado fino.

### 3.2.9. Corrección por humedad de los agregados.

La corrección se hizo operando el peso de los agregados multiplicado por la humedad más una unidad, así se obtuvo un peso de  $976.767\text{kg}$  de material grueso y  $775.380\text{kg}$  de material fino.

### 3.2.10. Aporte de agua a la mezcla.

Se calculó en función al peso de los agregados, al porcentaje de humedad y al porcentaje de absorción, de cuya diferencia se obtuvo un aporte de agua efectiva de  $232.257\text{lt}$ .

### 3.2.11. Diseño de mezcla.

Se obtuvo el peso de los materiales del diseño de mezcla de un concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$ , como se aprecia en la tabla 20.

Tabla 20. Diseño de mezcla para un concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$

Material	Proporción en peso	Peso (kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	439.91	18.15%
A. Grueso	2.20	976.77	40.29%
A. Fino	1.80	775.38	31.98%
Agua	22.40	232.26	9.58%
Total para $1\text{m}^3$		2424.32	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.12. Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas

- Medidas de los moldes cilíndricos

Según la norma ASTM C39, los especímenes de ensayo estándar son moldes cilíndricos de  $15 \times 30\text{cm}$  cuya cantidad mínima de especímenes es

3 y para moldes cilíndricos de 10x20cm la cantidad mínima de es de 2 probetas. Se debe cumplir con la relación longitud/diámetro, es decir la longitud debe ser 2 veces el diámetro. Para nuestra tesis empleamos probetas cuyas dimensiones fueron de 15cm de diámetro por 30cm de alto, utilizamos 3 probetas para la muestra patrón y 3 probetas por cada porcentaje de fibra de acero 1%, 2% y 3%. En total hicimos 36 probetas para el ensayo a compresión.

Tabla 21. Dimensiones de las probetas cilíndricas.

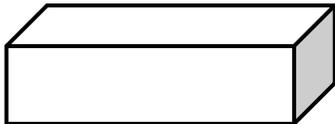
Probeta cilíndrica	Medidas	
	Diámetro:	0.15m
	Altura:	0.30m
	Vol. de la probeta:	0.0053m <sup>3</sup>
	Vol. Total + (15% de desperdicio):	0.0061m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

- Medidas de las vigas prismáticas

La norma ASTM C78, menciona que la viga debe ser de 15 x 15cm de sección transversal y la longitud debe ser por lo menos 5cm mayor que 3 veces el peralte, es decir debe tener una longitud mínima de 50cm, para nuestro ensayo a la flexotracción empleamos vigas de 15cm de alto, 15cm de ancho y 60 cm de largo.

Tabla 22. Dimensiones de las vigas prismáticas

Viga	Medidas	
	Ancho:	0.15m
	Altura:	0.15m
	Largo:	0.60m
	Vol. de la probeta:	0.0135m <sup>3</sup>
	Vol. Total + (15% de desperdicio):	0.0155m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.13. Dosificación del material y de la fibra de acero.

- Dosificación para probetas cilíndricas.

Se realizó la proporción de mezcla para una probeta, para un volumen de 0.0061m<sup>3</sup> de concreto, los valores de los pesos de cada material se muestran en la tabla

Tabla 23. Proporción de mezcla para una probeta.

Material	Peso
Cemento:	2.68kg
Agregado grueso:	5.96kg
Agregado fino:	4.73kg
Agua:	1.42Lt
Total:	14.79kg

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB estuvo en función al peso del concreto que es 14.79kg/m<sup>3</sup>, en la tabla 24 se muestra la cantidad de fibra de acero por probeta cilíndrica para los porcentajes de 1%, 2% y 3%.

Tabla 24. Dosificación de fibra de acero para una probeta

Peso del concreto	Porcentajes de fibra de acero	Peso de la fibra de acero
14.79kg/m <sup>3</sup>	1% de fibra de acero	0.15kg
	2% de fibra de acero	0.30kg
	3% de fibra de acero	0.44kg

Fuente: Elaboración propia.

- Dosificación para vigas prismáticas.

Se realizó la proporción de mezcla para una viga, para un volumen de 0.0155m<sup>3</sup> de concreto, los valores de los pesos de cada material se muestran en la tabla.

Tabla 25. Proporción de mezcla para una viga

Material	Peso
Cemento:	6.83kg
Agregado grueso:	15.16kg
Agregado fino:	12.04kg
Agua:	3.61Lt
Total:	37.64kg

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB estuvo en función al peso del concreto que es 14.79kg/m<sup>3</sup>, en la tabla 26 se aprecia la cantidad de fibra de acero por viga prismática para los porcentajes de 1%, 2% y 3%.

Tabla 26. Dosificación de fibra de acero para una probeta

Peso del concreto	Porcentajes de fibra de acero	Peso de la fibra de acero
37.64kg/m <sup>3</sup>	1% de fibra de acero	0.38kg
	2% de fibra de acero	0.75kg
	3% de fibra de acero	1.13kg

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.2.14. Preparación de mezcla para probetas cilíndricas y vigas prismáticas

Después de haber obtenido el diseño de mezcla, se procedió a preparar el concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  el cual se elaboró en el laboratorio de nuestra casa universitaria, ubicado en Moche, primeramente pesamos las cantidades a usar de nuestros materiales y posteriormente agregamos al trompo mezclador los agregados, tanto grueso como fino, seguidamente el agua y por último el cemento, al estar estos materiales mezclados entre sí, procedimos a añadirle la fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB poco a poco con el fin de que la fibra se pueda distribuir en toda la mezcla, tomamos una muestra para hacer la prueba del slump, el cual según la norma ASTM C143, menciona que para pavimentos y losas el asentamiento debe ser como mínimo 1" y como máximo

3”. Se hizo la prueba del slump tanto para el concreto patrón es decir sin fibra como para el concreto con adición de 1%, 2% y 3% de fibra.

La ASTM C31 y la NTP 339.033 mencionan el procedimiento que se debe seguir para el llenado de la muestra, se vertió el concreto en los moldes hasta un tercio de su altura, es decir en tres capas, se compactó varillando 25 veces por cada capa (véase cuadro 11), después se golpeó con un martillo de goma los laterales de la probeta para eliminar los vacíos que hubiesen quedado y finalmente se enrasó la superficie.

Las probetas fueron desmoldadas a las 24 horas de su preparación y se colocaron en una piscina de curado, para posteriormente ser sometidas al ensayo de compresión a los 7 días, 14 días y 28 días respectivamente.

Para el caso de los moldes prismáticos, el concreto se colocó en dos capas y de igual manera se compactó varillando 25 veces por cada capa, estas vigas se colocaron en la piscina de curado, posteriormente fueron retiradas al tiempo de 28 días y se sometieron al ensayo de flexotracción.

Tabla 27. Moldeo de especímenes por apisonado

Tipo de espécimen	Número de capas	Número de golpes por capa
Cilindro: diámetro		
100mm	2	25
150mm	3	25
225mm	4	50
Vigas: ancho		
150mm a 200mm	2	25

Fuente: NTP 339.033.

### 3.3. Ensayos de las propiedades mecánicas del concreto.

#### 3.3.1. Ensayo de resistencia a la compresión

El ensayo se realizó basado en la norma ASTM C39, este ensayo consiste en aplicar una carga axial en la parte superior de la probeta hasta que se alcance la rotura de la probeta.

Para este ensayo se elaboró 36 probetas, tres probetas por cada tiempo de curado, para 7 días, 14 días y 28 días con un porcentaje de fibra de acero de 1%, 2% y 3% más la muestra patrón (sin fibra de acero). (Véase tabla 28, 29 y 30).

Tabla 28. Ensayo de resistencia a la compresión para 7 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

N°	Testigo	Estructura	Fecha		Edad	Resistencia
			Moldeo	Rotura		Obtenida
					Días	F'c Kg/cm2
01	Sin fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	276.87
02	Sin fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	270.64
03	Sin fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	264.12
04	1% de fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	280.67
05	1% de fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	282.39
06	1% de fibra de acero		04/10/2019	11/10/2019	7	280.99
07	2% de fibra de acero		10/10/2019	17/10/2019	7	249.60
08	2% de fibra de acero		10/10/2019	17/10/2019	7	248.65
09	2% de fibra de acero		10/10/2019	17/10/2019	7	249.69
10	3% de fibra de acero		12/10/2019	19/10/2019	7	204.25
11	3% de fibra de acero		12/10/2019	19/10/2019	7	207.28
12	3% de fibra de acero		12/10/2019	19/10/2019	7	207.62

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Ensayo de resistencia a la compresión para 14 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

Testigo		Fecha		Edad	Resistencia Obtenida F'c
Nº	Estructura	Moldeo	Rotura	Días	Kg/cm2
01	Sin fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	313.68
02	Sin fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	314.52
03	Sin fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	304.35
04	1% de fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	335.73
05	1% de fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	332.30
06	1% de fibra de acero	08/10/2019	22/10/2019	14	333.72
07	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	14	272.92
08	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	14	276.17
09	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	14	273.58
10	3% de fibra de acero	12/10/2019	26/10/2019	14	241.72
11	3% de fibra de acero	12/10/2019	26/10/2019	14	229.46
12	3% de fibra de acero	12/10/2019	26/10/2019	14	237.63

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Ensayo de resistencia a la compresión para 28 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

N°	Testigo		Fecha		Edad	Resistencia Obtenida F'c
	Estructura	Moldeo	Rotura	Días	Kg/cm2	
01	Sin fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	366.97	
02	Sin fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	369.03	
03	Sin fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	363.73	
04	1% de fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	388.72	
05	1% de fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	385.78	
06	1% de fibra de acero	05/10/2019	02/11/2019	28	391.66	
07	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	28	321.56	
08	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	28	318.51	
09	2% de fibra de acero	10/10/2019	24/10/2019	28	320.36	
10	3% de fibra de acero	22/10/2019	19/11/2019	28	276.62	
11	3% de fibra de acero	22/10/2019	19/11/2019	28	275.87	
12	3% de fibra de acero	22/10/2019	19/11/2019	28	273.01	

Fuente: Elaboración propia.

- Comparación de la resistencia a la compresión

Se elaboró una tabla resumen, con las distintas resistencias obtenidas según el tiempo de curado y la adición de fibra.

Tabla 31. Ensayo a compresión de probetas circulares de concreto (Norma Técnica Peruana NTP 339.034, ASTMc39).

Tiempo de curado (días)	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Probeta sin fibra de acero	Probeta con 1% de fibra de acero	Probeta con 2% de fibra de acero	Probeta con 3% de fibra de acero
7	270.542	281.349	249.314	206.383
14	310.851	333.916	274.221	236.271
28	366.578	388.723	320.144	275.166

Fuente: Elaboración propia

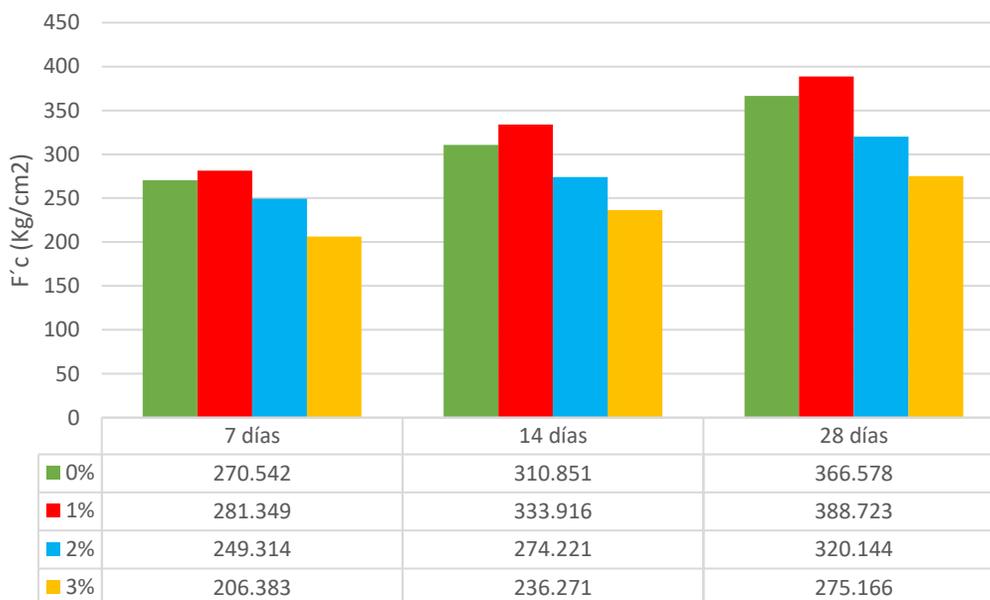


Figura 3. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En este grafico se pudo apreciar que la muestra patrón logró cumplir con los porcentajes de resistencia según la norma ASTM C39 según el tiempo de curado, alcanzando una resistencia de 366.578kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, la muestra con 1% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB alcanzó una resistencia de 388.723kg/cm<sup>2</sup>, la muestra con 2% obtuvo una resistencia de 320.144kg/cm<sup>2</sup> y finalmente la muestra con 3% de fibra tuvo una resistencia de 275.166kg/cm<sup>2</sup>.

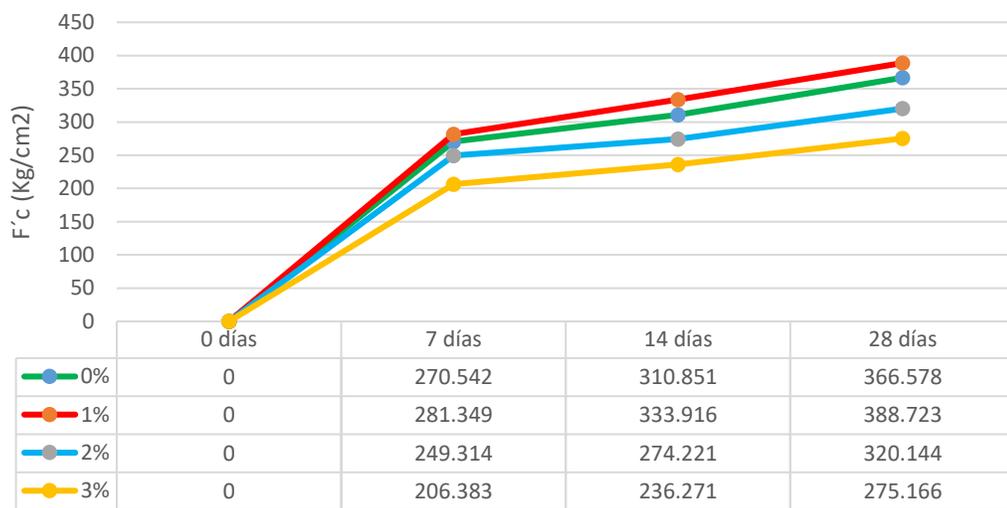


Figura 4. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Este gráfico de líneas representa la tendencia de la resistencia a la compresión en función del tiempo y de los porcentajes de fibra añadido, tal es así que en la muestra patrón (sin fibra de acero) la resistencia final que alcanzó fue de 366.578kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de 100.71%, la muestra con 1% de fibra de acero Tipo CHO/8060 NB fue el que favoreció al concreto ya que tuvo un F'c=388.723kg/cm<sup>2</sup> y un porcentaje de 106.79% en función de la resistencia de diseño, mientras que la muestra con 2% y 3% de fibra tuvieron resistencias finales

de 320.144kg/cm<sup>2</sup> y 275.166kg/cm<sup>2</sup> que representa el 87.952% y 75.595%, dando como resultado porcentajes inferiores a los de diseño.

### 3.3.2. Ensayo de resistencia a la flexotracción.

Este ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C78, el cual consiste en aplicar una fuerza a los tercios de luz de la viga hasta que esta falle, de ese modo se obtuvo el módulo de rotura (MR).

Se ensayaron 12 probetas, 3 probetas sin fibra de acero, 3 probetas con 1% de fibra, 3 probetas con 2% de fibra de acero y 3 probetas con 3% de fibra de acero para un tiempo de curado de 28 días (véase tabla 32).

Tabla 32. Ensayo de resistencia a la flexotracción para 28 días de muestras sin fibra de acero, 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB.

N°	Testigo Estructura	Edad Días	Carga máxim a KN	Dimensiones de la muestra (mm)			Módulo de rotura N/mm2	Módulo de rotura Kg/cm2
				Ancho	N/mm2	Luz		
01	Sin fibra de acero	28	23.47	150	150	450	1.043	10.636
02	Sin fibra de acero	28	21.90	150	150	450	0.973	9.922
03	Sin fibra de acero	28	27.36	150	150	450	1.216	12.400
04	1% de fibra de acero	28	27.64	150	150	450	1.228	12.522
05	1% de fibra de acero	28	27.71	150	150	450	1.232	12.563
06	1% de fibra de acero	28	27.74	150	150	450	1.233	12.563
07	2% de fibra de acero	28	29.58	150	150	450	1.315	13.409
08	2% de fibra de acero	28	29.48	150	150	450	1.310	13.358
09	2% de fibra de acero	28	30.30	150	150	450	1.347	13.736
10	3% de fibra de acero	28	29.60	150	150	450	1.316	13.420
11	3% de fibra de acero	28	28.58	150	150	450	1.270	12.950
12	3% de fibra de acero	28	37.83	150	150	450	1.681	17.141

Fuente: Elaboración propia.

- Comparación de la resistencia a la flexotracción

Se hizo una tabla de resumen, con las distintas resistencias obtenidas a los 28 días de curado y la adición de fibra de acero.

Tabla 33. Ensayo de resistencia a la flexotracción de vigas prismáticas de concreto (ASTM C78, MTC E 709, AASHTO T97)

Tiempo de curado (días)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )			
	Muestra sin fibra de acero	Muestra con 1% de fibra de acero	Muestra con 2% de fibra de acero	Muestra con 3% de fibra de acero
28 días	37.04	37.66	40.50	43.51

Fuente: Elaboración propia.

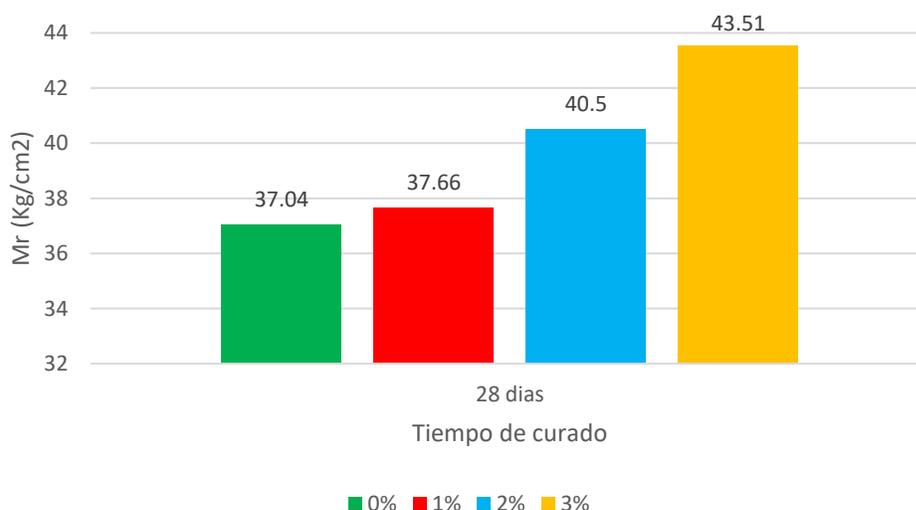


Figura 5. Comparación de la resistencia a la flexotracción de probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En este gráfico de barras se aprecia la variación de las resistencias de las vigas sin fibra de acero y con adición de 1%, 2% y 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB en

función al peso del concreto diseñado para un tiempo de curado de 28 días. La muestra sin fibra de acero obtuvo un MR de 37.04 kg/cm<sup>2</sup>, la muestra con 1% obtuvo una resistencia de 37.66kg/cm<sup>2</sup>, la muestra con 2% tuvo una resistencia de 40.5kg/cm<sup>2</sup> y la muestra con adición de 3% de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB llegó a tener una resistencia de 43.51kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo así con lo que establece el RNE CE.010 Pavimentos Urbanos, el cual menciona que el MR mínimo es de 34kg/cm<sup>2</sup> para pavimentos rígidos.

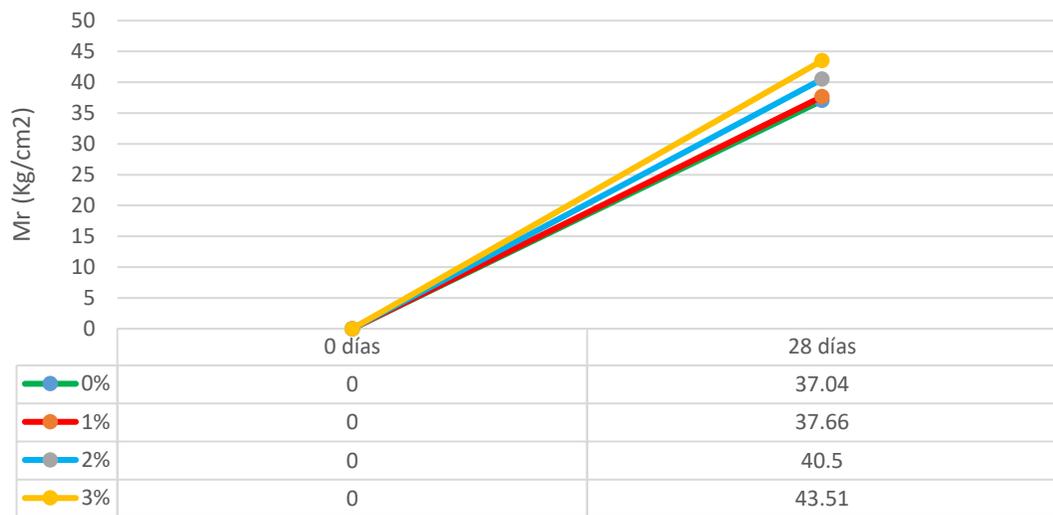


Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexotracción de las probetas sin fibra de acero y con 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

Fuente: Elaboración propia.

#### Interpretación:

En este grafico se aprecia los resultados del ensayo de flexotracción según la NTP 339.078 y MTC E 709, de lo cual se tuvo que la muestra sin fibra de acero llegó a tener una resistencia final de 37.04kg/cm<sup>2</sup> y que la adición de los porcentajes de 1%, 2% y 3% de fibra favorecen al concreto, de tal modo que los valores del módulo de rotura que se obtuvo fue de 37.66kg/cm<sup>2</sup>, 40.5kg/cm<sup>2</sup> y 43.51kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, esto se debe a que la fibra de acero se comporta mejor a los esfuerzos de flexotracción.

### 3.4. Análisis estadístico

#### 3.4.1. Resistencia a compresión

##### 3.4.1.1. Prueba de normalidad para 7 días

Tabla 34. Prueba de normalidad para 7 días de curado.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GE1	,884	3	,336
GE2	,814	3	,149
GE3	,825	3	,175
GC	1,000	3	,975

Fuente: Elaboración propia.

El valor de  $P > 0.05$ , por lo tanto, cumple con la condición de normalidad, teniendo una distribución normal, por ende, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA.

Tabla 35. Resistencia a la compresión a los 7 días

HSD Tukey <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05			
Porcentaje	N	1	2	3	4
3%	3	206,38			
2%	3		249,31		
0%	3			270,54	
1%	3				281,35
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Se observa las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = 0,05

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

El presente cuadro muestra datos del ensayo a compresión con 7 días de curado, teniendo 4 subconjuntos de muestra, donde el primer y segundo subconjunto de 3% y 2% no aumenta la resistencia, mientras que el porcentaje de 1% si aumenta su resistencia con respecto a la muestra sin fibra de acero.

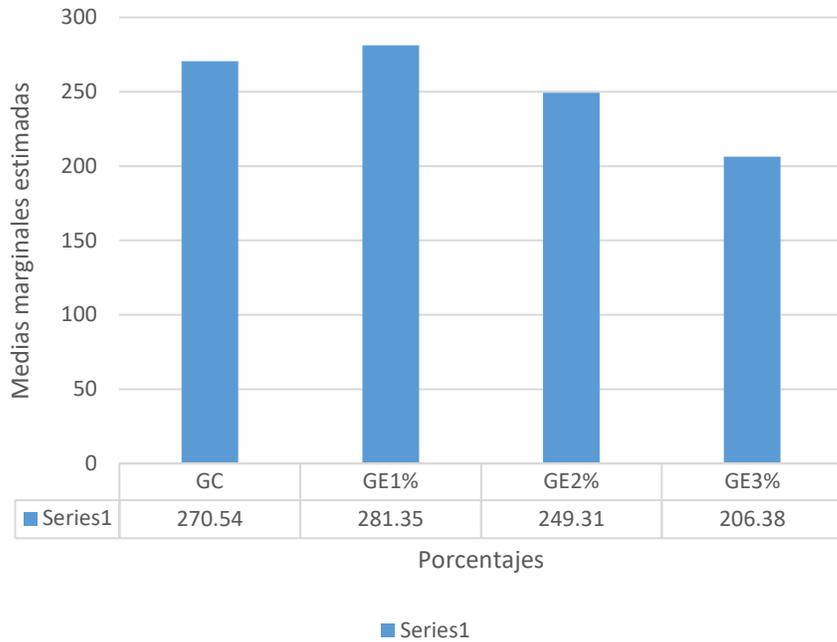


Figura 7. Medias marginales estimadas de Compresión (7 días)

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

En el cuadro de barras se pudo ver las variaciones de a la resistencia a la compresión para 7 días, teniendo así que el porcentaje de 1% es la que permite al concreto con fibra de acero alcanzar una mejor resistencia, mientras que las muestras de 2% y 3% obtuvieron valores por debajo de la resistencia de diseño.

3.4.1.2. Prueba de normalidad para 14 días.

Tabla 36. Prueba de normalidad para 14 días de curado.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GE1	,990	3	,811
GE2	,895	3	,369
GE3	,964	3	,637
GC	,811	3	,142

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37. Resistencia a la compresión (14 días).

HSD Tukey <sup>a</sup>		Subconjunto para alfa = 0.05			
Porcentaje	N	1	2	3	4
3%	3	236,27			
2%	3		274,22		
0%	3			310,85	
1%	3				333,91
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Interpretación:

En el cuadro se observa los datos obtenidos del ensayo a compresión a los 14 días de curado, teniendo 4 subconjuntos donde el primer y segundo subconjunto de 2% y 3% de fibra de acero no supera la resistencia del grupo control, así mismo el subconjunto de 1% de fibra de acero supera la resistencia de la muestra patrón.

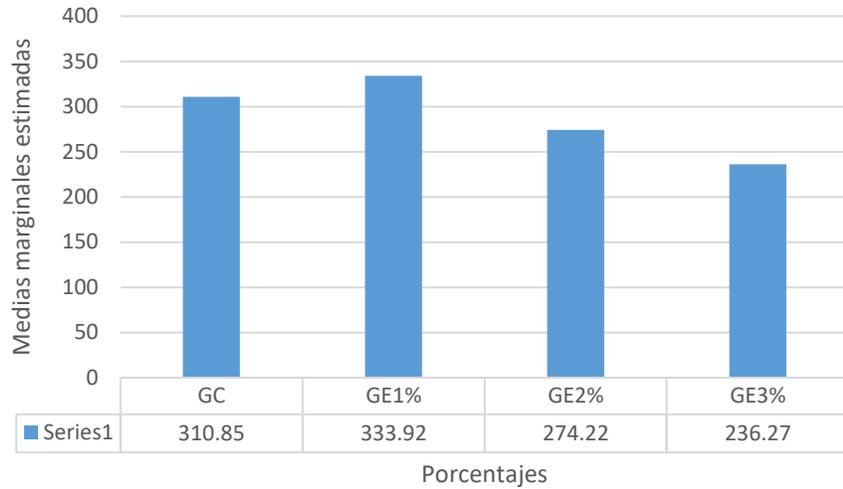


Figura 8. Medias marginales estimadas de Compresión (14 días)

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En el cuadro de barras se aprecia el aumento de la muestra con 1% de fibra en comparación a la muestra patrón, mientras que las muestras con 2% y 3% de fibra de acero disminuyen su resistencia.

### 3.4.1.3. Prueba de Normalidad para 28 días

Tabla 38. Prueba de Normalidad para 28 días de curado

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GE1	1,000	3	1,000
GE2	,985	3	,766
GE3	,898	3	,378
GC	,984	3	,756

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39. Resistencia a la compresión a los 28 días.

HSD Tukey<sup>a</sup>

Porcentajes	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
3%	3	275,16			
2%	3		320,14		
0%	3			366,58	
1%	3				388,72
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia.

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Interpretación:

El presente cuadro muestra los resultados del ensayo a compresión con 28 días de curado, donde la muestra patrón consigue su máxima resistencia, se observa 4 subconjuntos donde el primer y segundo subconjunto de 2% y 3% de fibra de acero no supera la resistencia de la muestra control. Por consiguiente, añadir 1% de fibra mejora la resistencia.

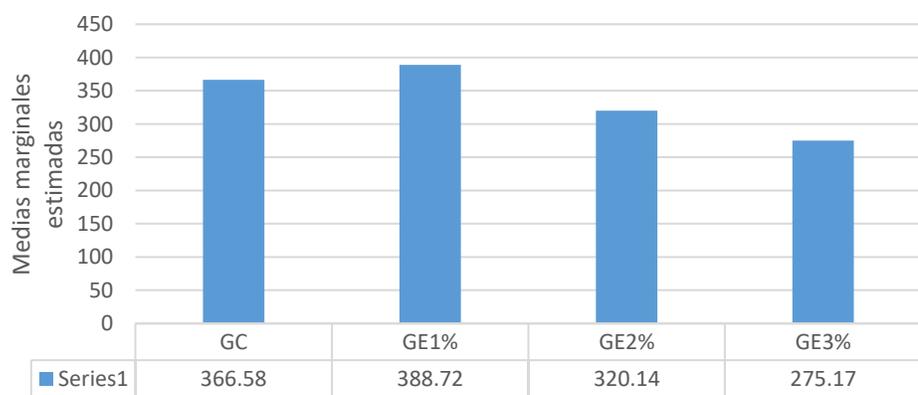


Figura 9. Medias marginales estimadas de Compresión (28 días)

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

En el cuadro de barras se observa el incremento de la resistencia a la compresión con la muestra del 1% de fibra respecto a la muestra patrón, a los 28 días, por otro lado, se observa que para los porcentajes de 2% y 3% de fibra de acero la resistencia disminuye.

### 3.4.2. Resistencia a flexotracción.

#### 3.4.2.1. Prueba de normalidad para 28 días.

Tabla 40. Prueba de Normalidad para resistencia a los 28 días

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
GE1	,942	3	,537
GE2	,838	3	,209
GE3	,832	3	,192
GC	,891	3	,357

Fuente: Elaboración propia.

El valor de  $P > 0.05$ , por lo tanto, cumple con la condición de normalidad, teniendo una distribución normal, por ende, cumple con el requisito previo para realizar la prueba ANOVA

Tabla 41. Resistencia a la flexotracción (28 días)

HSD Tukey <sup>a</sup>		
Porcentaje	N	Subconjunto para alfa
		= 0.05
		1
0%	3	3,6327
1%	3	3,6930
2%	3	3,9717
3%	3	4,2673
Sig.		0,180

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

En el cuadro se presentan los datos obtenidos del ensayo a flexotracción con 28 días de curado, edad en la que el concreto alcanza su máxima resistencia, se observa 1 subconjunto, donde la muestra con 3% de fibra de acero alcanza la mayor resistencia, siguiéndole por debajo el 2% y 3% de fibra de acero y por último la muestra control. Por consiguiente, tenemos que agregar 3% de fibra de acero al concreto para aumentar y mejorar su resistencia.

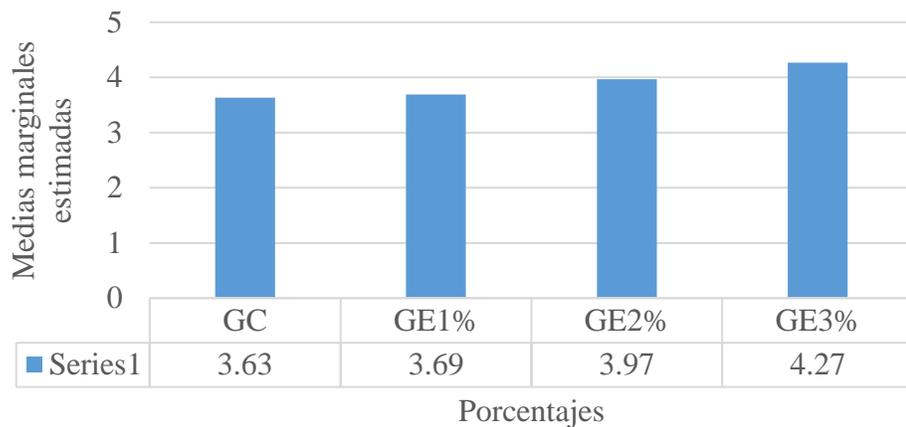


Figura 10. Medias marginales estimadas de Flexotracción (28 días)

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:**

En la figura mostrada se observa el mayor incremento de resistencia a la flexotracción, con la muestra con 3% de fibra de acero a la edad de 28 días de curado, también se observa que los porcentajes de 2% y 1% de fibra de acero aumentaron con respecto a la muestra patrón.

#### IV. DISCUSIÓN

- Carrillo y Silva-Páramo (2016) en su investigación de ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibra de acero, determinaron que la fibra efectivamente mejora las propiedades del concreto, del mismo modo en base a los ensayos realizados obtuvimos que el concreto aumenta su resistencia cuando le incorporamos fibra de acero, ya que estas le dan mayor flexibilidad al concreto volviéndolo un material más dúctil y por ende soporta mejor las cargas a las que va a estar sometido.
- Sotil y Zegarra (2015) en su tesis sobre “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”, al realizar los ensayos de los agregados para clasificar su material obtuvo que en la granulometría del agregado grueso el tamaño máximo nominal fue de  $\frac{3}{4}$ ” y N°8 para el agregado fino, así mismo en el ensayo de peso específico obtuvieron 2.66g/cm<sup>3</sup> para el material grueso y 2.65g/cm<sup>3</sup> para el material fino. De igual manera en nuestra tesis en los resultados obtenidos en caracterización de los materiales, fueron similares a los de la investigación de los tesis mencionados, esto quiere decir que nuestro tipo de material fue similar.
- Flores (2018) en su tesis sobre “Mejoramiento de la resistencia del concreto adicionando fibras de acero en la Av. Túpac Amaru, distrito de Independencia, Lima – 2018”. En el diseño de su mezcla se basaron en el ACI (comité 211) para un  $F'c=280\text{kg/cm}^2$ , para una relación  $a/c=0.466$ , se obtuvo un peso de cemento de 427.04kg (10.048 bolsas de cemento), de tal manera que el peso de sus agregados por metro cubico fue: agregado grueso=861kg, agregado fino=895kg y 199 litros de agua. En nuestra tesis se aplicó el mismo método para el diseño de nuestra mezcla, así mismo la relación de agua/cemento fue la misma.

- Flores (2018) realizó ensayo a compresión para evaluar el comportamiento del concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  adicionando fibra de acero con porcentajes de 0.5%, 1% y 2%, como resultado final obtuvo que para la edad de 28 días la muestra sin fibra tuvo una resistencia de  $396\text{kg/cm}^2$ , con 0.5% obtuvo un  $F'c=408\text{kg/cm}^2$ , a 1% el  $F'c=421\text{kg/cm}^2$  alcanzo una resistencia de  $439\text{kg/cm}^2$ , lo cual difiere con nuestros resultados ya que al someter a los esfuerzos a compresión las probetas cilíndricas, la muestra patrón tuvo  $F'c=366.578\text{kg/cm}^2$ , la muestra de 1% obtuvo un  $F'c=388.723\text{kg/cm}^2$ , a 2% de fibra se tuvo un  $F'c=320.144\text{kg/cm}^2$  y a 3% la resistencia fue  $F'c=275.166\text{kg/cm}^2$ . Así mismo Sotil y Zegarra (2015) en su tesis sobre un concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  reforzado con fibra de acero de  $20\text{kg/m}^3$  y  $25\text{kg/m}^3$ , de lo cual obtuvieron que en 28 días la muestra sin fibra llegó a tener un módulo de rotura de  $37.19\text{kg/cm}^2$ , a para una dosificación de  $20\text{kg/m}^3$  la resistencia fue de  $43.41\text{kg/cm}^2$  y finalmente para  $25\text{kg/m}^3$  la resistencia fue  $44.84\text{kg/cm}^2$ . En comparación a nuestra tesis se empleó 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB en función al peso del concreto, donde la resistencia de la muestra patrón fue de  $37.04\text{kg/cm}^2$ , a 1% de fibra fue de  $37.66\text{kg/cm}^2$  de resistencia, a 2% fue  $40.5\text{kg/cm}^2$  y a 3% fue de  $43.51\text{kg/cm}^2$ .
  
- En la tabla 41 se puede observar que los especímenes con el 3% de fibras de acero, a los 28 días alcanzaron una mayor resistencia a la flexotracción de  $42.67\text{ kg/cm}^2$ , el cual obtuvo 17.45% más resistencia que la muestra control. De acuerdo con el estudio de Cuenca y Solórzano, nos dice que su resistencia a la flexión agregándole 20% de fibras de acero y polipropileno, solo alcanzaron una resistencia superior de 7.97%, con respecto a su muestra control. Estos resultados nos indica que al agregarle el 3% de fibra de acero obtenemos una mejor resistencia a la flexotracción que al agregarle el 20% de fibra de acero y polipropileno. Esto nos lleva a tener en cuenta que al añadirle menos fibra de acero obtenemos una mayor resistencia.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó el efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del concreto  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  aplicado en un pavimento rígido, ya que a través de los ensayos realizados se pudo obtener que la adición de la fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB mejora significativamente las propiedades del concreto, cuando este está sometido a esfuerzos que producen la compresión y flexotracción, pudiendo reemplazar la parrilla metálica que se emplea como refuerzo en la construcción de los pavimentos rígidos, ya que esta fibra actúa como un engranaje brindando mayor flexibilidad a la estructura, evitando así que el concreto se parta o se generen fisuras, grietas o rajaduras que disminuyan su funcionalidad, conllevando a un ahorro significativo en los costos de mantenimiento de este tipo de pavimentos.
- Se realizó el estudio de mecánica de suelos, a través del cual se obtuvo las propiedades físicas tanto del agregado fino como del agregado grueso, obteniendo como resultados que el agregado grueso en el análisis granulométrico tuvo un módulo de fineza de 7.03 y un tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " mientras que la muestra de agregado fino tuvo un módulo de 2.64 y un tamaño N°8, en el ensayo de contenido de humedad el agregado grueso tuvo un porcentaje de humedad de 0.56% y el agregado fino de 1.23%, en el ensayo de peso específico y absorción, el agregado grueso obtuvo un peso específico de  $2.73\text{g/cm}^3$  y un porcentaje de absorción de 1.62% mientras que el agregado fino tuvo un peso específico de  $2.74\text{g/cm}^3$  y un porcentaje de absorción de 3.41% finalmente en el ensayo de peso unitario y vacío a través del método suelto, el agregado grueso y fino tuvieron en el peso unitario seco valores de  $1385.205\text{kg/m}^3$  y  $1606.742\text{kg/m}^3$  respectivamente asimismo por el método compactado los valores obtenidos fueron de  $1527.245\text{kg/m}^3$  para el agregado grueso y  $1847.984\text{kg/m}^3$  para el agregado fino.

- Se realizó el diseño de mezcla para un concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  considerando los porcentajes de 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB, se hizo en base al método ACI (Comité 211), se utilizó cemento Pacasmayo tipo II y fibra de acero tipo CHO 80/60 NB de la empresa SIKA®, la resistencia promedio requerida fue de  $F'cr=364\text{kg/cm}^2$ , en base a los resultados obtenidos de los ensayos del agregado grueso y fino, para lo cual se obtuvo una relación de  $a/c=0.466$ , teniendo como resultado final que el proporcionamiento del diseño de mezcla por metro cubico fue de 439.91kg de cemento, 976.77kg de agregado grueso, 775.38kg de agregado fino, 232.26 litros de agua potable, con estos datos se obtuvo la proporción de mezcla que se utilizó para las probetas cilíndricas siendo las siguientes cantidades por unidad de probeta en función a su volumen, se utilizó 2.68kg de cemento, 5.96kg de agregado grueso, 4.73kg de agregado fino y 1.42 litros de agua, el porcentaje de fibra de acero estuvo en función al peso del concreto según el volumen de la probeta, para 1% se usó 0.15kg, para 2% se necesitó 0.30kg y para 3% se empleó 0.44kg, así mismo para la dosificación de las vigas prismáticas las cantidades de los materiales por cada probeta fueron 6.83kg de cemento, 15.16kg de agregado grueso, 12.4kg de agregado fino y 3.61 litros de agua y la cantidad de fibra de acero que se utilizó por cada viga, la cual estuvo en función de su volumen y al peso del concreto fue para 1% fue de 0.38kg, para 2% de 0.75kg y para 3% fue de 1.13kg.
- Se realizaron los ensayos que nos permitió determinar las propiedades mecánicas del concreto, primeramente se calculó la resistencia a la compresión para un concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$  con adición de 1%, 2% y 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB para un periodo de 7, 14 y 28 días, como tal se concluye que el ensayo se realizó de acuerdo a la norma ASTM C39, que menciona que a los 28 días de curado el concreto debe alcanzar el total de su resistencia (100%), es así que la muestra que supera a la muestra sin fibra que obtuvo un  $F'c=366.578\text{kg/cm}^2$  fue la muestra de 1% obteniendo un  $F'c=388.723\text{kg/cm}^2$ . Después se calculó la resistencia a la flexotracción para un periodo de 28 días, el módulo de rotura que se obtuvo de la muestra patrón fue de  $37.04\text{kg/cm}^2$ ,

mientras que la muestra con 3% de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB llegó a 43.51kg/cm<sup>2</sup> de resistencia, con esto se pudo concluir que efectivamente las incorporaciones de estas fibras metálicas aumentan la resistencia del concreto, permitiéndole ser un material más dúctil y así disminuyen la presencia de fisuras en los pavimentos rígidos.

- Se realizó el análisis estadístico para las muestras de ensayo, se empleó la prueba de normalidad, la cual nos arrojó un nivel de significancia  $P \geq 0.05$  por lo que se procedió a realizar la prueba Anova, empleando el método Tukey, de lo cual se obtuvo que el porcentaje óptimo de fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB para el concreto sometido a cargas que producen compresión es de 1%, distinto a los resultados obtenidos del ensayo a flexotracción, donde se obtuvo que el porcentaje óptimo de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB es de 3%, ya que es en ese valor donde el módulo de rotura es mayor en comparación a los otros dos porcentajes de 2% y 3%.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso de este material académico como instrumento de consulta para efecto de futuras investigaciones sobre el tema de la fibra de acero adicionado en el concreto.
- Para conseguir una buena distribución de la fibra de acero, se recomienda mezclar al final, después de haber colocado el agregado grueso, fino, cemento y agua y en pequeñas cantidades mientras el trompo sigue girando, para así conseguir una correcta distribución de la fibra en toda la mezcla y evitar la formación de bolas fibrosas.
- Se debe tener en cuenta que, para hacer las probetas de concreto con fibra de acero, se debe verificar que la superficie quede totalmente enrasada, que no sobresalga las fibras de acero, para evitar cualquier accidente en el momento de manipular las probetas.
- Se debe realizar un vaciado total de las muestras según las dosificaciones y el tiempo de curado para la posterior rotura de probetas en los 7, 14 y 28 días, ya que de darse el día de rotura de probeta y no tener listas las muestras causará una variación en el cálculo de los resultados.

## REFERENCIAS

- ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto 2da ed. Lima: San Marcos EIRL - Editor 2009. 244 pp.  
ISBN: 978-612-302-060-6
- AMERICAN Concrete Institute 211.1 (ACI). Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete. United States 2012.
- AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C39. United States 2015.
- AMERICAN Society for Testing and Materials (ASTM). Technical standards C78. United States 2015.
- ARAUJO, Arnaldo. Fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto, Trujillo 2018. Tesis (Optar el título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
[Fecha de consulta: 13 de agosto del 2019]  
Disponible en:  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_dddd5d05836f6658d471649ef699aa1](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_dddd5d05836f6658d471649ef699aa1)
- Biblioteca Nacional del Perú (Perú). Norma Técnica Edificaciones E.060 “Concreto Armado” Decreto Supremo N° 010 – 2009 – Vivienda. Del 21.07.2009. Lima 1ra edición, 2009. 205pp.
- Biblioteca Nacional del Perú (Perú). Ministerio de Transporte y Comunicaciones: Resolución Ministerial N° 709-2019 MTC/01, 03 de junio del 2016. Lima: Edición Mayo, 2016, 1272p.

- Biblioteca Nacional del Perú (Perú). Manual de Carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción. R.D. N° 22-2013 – MTC/14. 06.09.2015. Lima Edición Setiembre, 2015, 605p.
  
- CARRILLO, Julián y SILVA, Diego. Ensayo a flexión de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero [en línea]. Julio-septiembre 2016: 317-330.  
[Fecha de consulta: 24 de junio del 2019]  
Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v17n3/1405-7743-iit-17-03-00317.pdf>  
ISBN: 1727-9933
  
- CASTRO, Julio. Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilacha, aplicadas como fibra de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento. Tesis (Optar el Título de Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.  
[Fecha de consulta: 20 de agosto del 2019]  
Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/23307>
  
- CUENCA, Elmer y SOLORZANO, Cristhy. Efecto de las fibras de acero y polipropileno en la resistencia a la flexión del concreto, Trujillo 2018. Tesis (Optar el título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
[Fecha de consulta: 22 de setiembre del 2019]  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/31442?locale-attribute=en>
  
- FLORES, Emanuel. Mejoramiento de la resistencia del concreto adicionando fibras de acero en la Av. Túpac Amaru, distrito de independencia, Lima – 2018. Tesis (Optar el Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
[Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2019]  
Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/29352>
  
- INCIARTE, Carmen. Análisis comparativo de métodos de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico según normas aplicadas en México, Reino

Unido y España. Tesis (Optar el grado de maestría de Ingeniero Civil). México: Universidad nacional autónoma de México, 2012.

[Fecha de consulta: 14 de setiembre del 2019]

Disponible en: <https://es.slideshare.net/RafaelMateo/tesis-60966259>

- MÁRMOL, Patricia. Hormigones con fibras de acero, características mecánicas. Máster (Optar el máster en Ingeniería Civil). Madrid: Universidad politécnica de Madrid, 2010.

[Fecha de consulta: 10 de octubre del 2019]

Disponible en: [http://oa.upm.es/4510/1/TESIS\\_MASTER\\_PATRICIA\\_CRISTINA\\_MARMOL\\_SALAZAR.pdf](http://oa.upm.es/4510/1/TESIS_MASTER_PATRICIA_CRISTINA_MARMOL_SALAZAR.pdf)

- MORENO, Carolyn. En Trujillo, pistas están “dinamitadas” en calles y avenidas [en línea]. La República. PE. 21 de abril del 2013. [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2019].

Disponible en: <https://larepublica.pe/archivo/706177-en-trujillo-pistas-estan-dinamitadas-en-calles-y-avenidas/>.

- MONTOYA, Kevin. Comparación de resistencia a la flexión, entre concreto fibroreforzado con polipropileno y concreto reforzado con fibras metálicas, para uso en carpetas de rodadura en parqueos. Trabajo de Graduación (Optar el Título de Ingeniero Civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].

Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4653/>

- Ministerio de transportes y comunicaciones (MTC). Manual de Ensayo de Materiales, 2016
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339. 127: 1998 SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima: 1ra edición. 12p.

- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.022:2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del fino. Lima: 3° edición.25p.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 400.017:2013 AGREGADOS. Peso unitario y vacío de los agregados. Lima: 3° edición.22p.
- Norma Técnica Peruana (Perú). NTP 339.034: 2008 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: 3ra edición. 18p.
- PASQUEL, Enrique. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú 2da ed. Lima: Capitulo del colegio de ingenieros del Perú – Consejo Nacional. 1998.
- POLO, Joel y RISCO, Jonathan. Influencia de las fibras de acero en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, Trujillo, 2018. Tesis (Optar el Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Cesar Vallejo, 2018.  
[Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2019].  
Disponible en:  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI\\_a1c8bd96149d93ce4694d6cb82fbdf48](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPRI_a1c8bd96149d93ce4694d6cb82fbdf48)
- Reglamento nacional de edificaciones (RNE). Edificaciones: Estructuras. Perú 2016.
- ROMERO, Sergio y ROMERO, Omar. Introducción a la ingeniería 2da ed. México: Cengage Learning editores S.A. 2014. 525pp.
- 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 (Optar el Título de Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017.  
[Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019].

Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/14513>

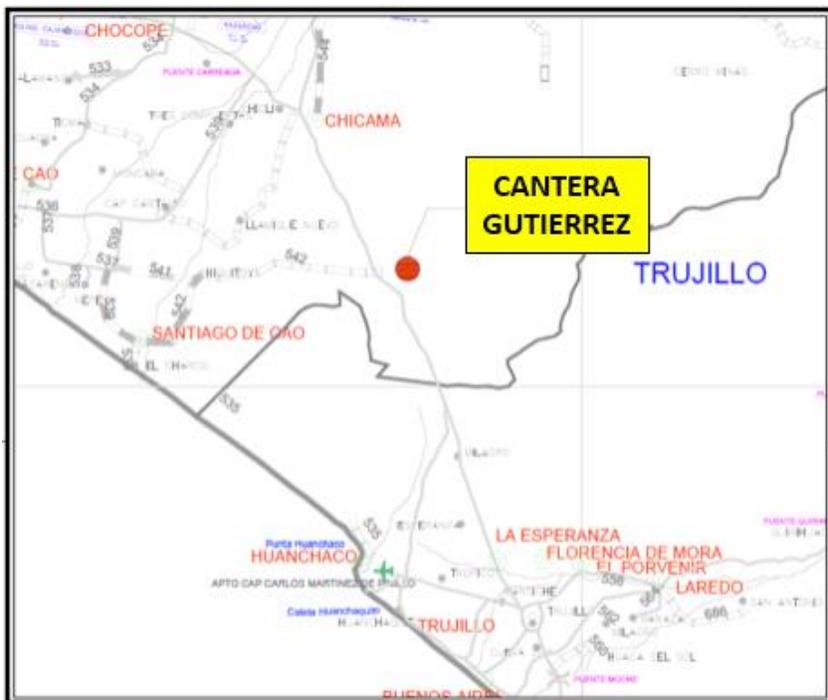
- SIKA. Fiber CHO 80/60 NB, Lima, Edición 4. marzo 2016.
- SOTIL Alfredo y ZEGARRA, Jorge. Análisis comparativo de comportamiento del concreto sin refuerzo concreto reforzado con fibras de acero Wirand® ff3 y concreto reforzado con fibras de acero Winrad®ff4 aplicado a losas industriales de pavimentos rígido. Tesis (Optar el Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.

[Fecha de consulta: 22 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581616>

## ANEXOS

### Anexo 1. Panel fotográfico



Plano de ubicación de la cantera Gutiérrez.



Visita de tesistas a la cantera.



Vista interior de la cantera Gutiérrez.



Muestra del agregado fino y grueso.



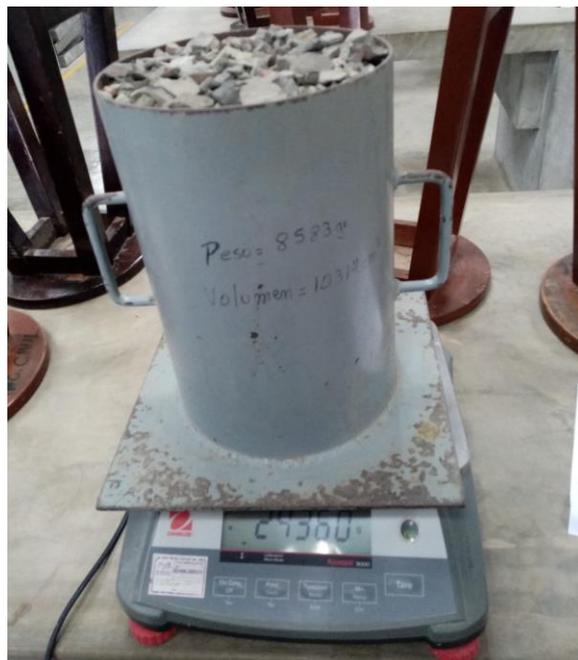
Ensayo de análisis granulométrico.



Muestras sumergidas en agua para ensayo de peso específico y absorción.



Enrasado del agregado fino para ensayo de peso unitario y vacío.



Ensayo de peso unitario y vacío para agregado grueso.



Preparación de la mezcla de concreto en el trompo mezclador.



Adición de la fibra de acero tipo CHO 80/60 NB al trompo mezclador.



Prueba del slump.



Prueba del slump.



Mezcla de concreto con adición de fibra de acero tipo CHO 80/60 NB.



Vaciado de la mezcla en las probetas cilíndricas.



Especímenes puestos a secar a temperatura ambiente.



Curado de las probetas cilíndricas.



Maquina universal para ensayo a compresión.



Rotura de probetas cilíndricas.



Preparación de mezcla para vigas prismáticas.



Prueba de Slump antes del llenado a los moldes de vigas.



Varillado de la mezcla para eliminar vacíos.



Enrasado de las vigas para eliminar material sobrante.



Desmoldado de las vigas prismáticas.



Curado de las vigas prismáticas.



Rotura de viga sin fibra de acero.



Rotura de viga con fibra de acero.

Anexo 2. Ensayo de Mecánica de suelos del agregado fino y grueso.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS**  
 ASTM C 136

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO FC 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

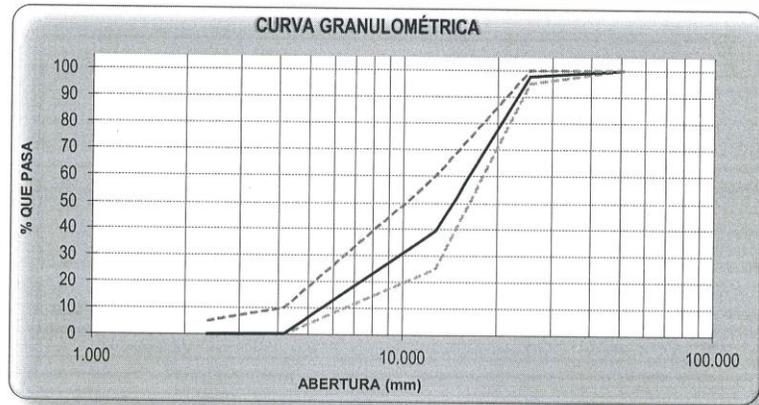
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso total de la muestra tamizada : 2870.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 2868.25

Peso de muestra en el plato : 1.75

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.56%
2 plg	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de Finura
1 plg	25.400	67.11	2.34	2.34	97.66	95 - 100	
3/4 plg	19.050	512.71	17.86	20.20	79.80		7.03
1/2 plg	12.700	1162.44	40.50	60.71	39.29	25 - 60	Tamaño Máximo
3/8 plg	9.525	635.44	22.14	82.85	17.15		
No4	4.178	484.03	16.87	99.71	0.29	0 - 10	1 plg
8	2.360	6.52	0.23	99.94	0.06	0 - 5	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		1.75	0.06	100.00	0.00		
Total		2870.00	100.00				3/4 plg = 19.05 mm



**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS  
ASTM C 136**

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO FC 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A\* / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

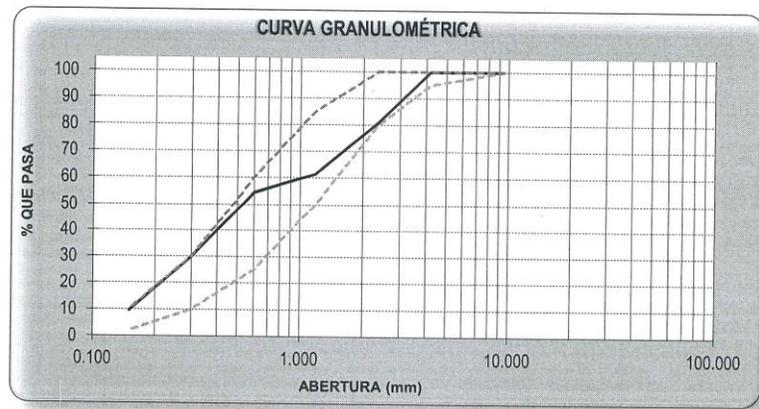
**DATOS DEL ENSAYO**

Peso total de la muestra tamizada : 1350.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 1221.46

Peso de muestra en el plato : 128.54

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	1.23%
No4	4.178	1.05	0.08	0.08	99.92	95 - 100	
8	2.360	255.84	18.95	19.03	80.97	80 - 100	<b>Módulo de Finura</b>
16	1.180	266.05	19.71	38.74	61.26	50 - 85	2.64
30	0.600	90.63	6.71	45.45	54.55	25 - 60	<b>Tamaño Máximo</b>
50	0.300	333.78	24.72	70.17	29.83	10 - 30	No4
100	0.150	274.11	20.30	90.48	9.52	2 - 10	<b>Tamaño Máximo Nominal</b>
PLATO		128.54	9.52	100.00	0.00		
Total		1350.00	100.00				8 = 2.360 mm



**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

METODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO  
MTC E 215

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.02	51.53	51.52
Peso del tarro + suelo humedo (g)	173.33	155.78	161.77
Peso del tarro + suelo seco (g)	172.58	155.14	161.28
Peso del suelo seco (g)	121.56	103.61	109.76
Peso del agua (g)	0.75	0.64	0.49
% de humedad (%)	0.62	0.62	0.45
% de humedad promedio (%)	<b>0.56</b>		

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO  
MTC E 215

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A"E" / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	53.05	48.88	52.83
Peso del tarro + suelo humedo (g)	196.32	165.76	179.59
Peso del tarro + suelo seco (g)	194.56	164.32	178.07
Peso del suelo seco (g)	141.51	115.44	125.24
Peso del agua (g)	1.76	1.44	1.52
% de humedad (%)	1.24	1.25	1.21
% de humedad promedio (%)	1.23		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS  
ASTM C 127

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019 -

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2289.30	3133.00
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2328.40	3180.70
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1449.90	1987.10
Peso específico de masa (P <sub>em</sub> )	2.61	2.62
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P <sub>eSSS</sub> )	2.65	2.66
Peso específico aparente (P <sub>ea</sub> )	2.73	2.73
Absorción (%)	1.71	1.52
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P <sub>em</sub> )	2.62	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (P <sub>eSSS</sub> )	2.66	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P <sub>ea</sub> )	2.73	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	1.62	



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

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS  
ASTM C 128

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C 280 KG/CM<sup>2</sup> APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A\*F\* / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	483.50	483.50
B= Peso de la fiola afroada llena de agua (g)	666.60	680.70
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	973.50	987.60
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (P <sub>em</sub> )	2.50	2.50
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P <sub>eSSS</sub> )	2.59	2.59
Peso específico aparente (P <sub>ea</sub> )	2.74	2.74
Absorción (%)	3.41	3.41
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P <sub>em</sub> )	2.50	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P <sub>eSSS</sub> )	2.59	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P <sub>ea</sub> )	2.74	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	3.41	



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

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO FC 280 KG/CM<sup>2</sup> APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A'G' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm <sup>3</sup> )	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	24360.00	24310.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	15777.00	15727.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm <sup>3</sup> )	1.530	1.525
Contenido de Humedad (%)	0.56%	
Peso Unitario Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.530	1.525
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm <sup>3</sup> )	1.527	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m <sup>3</sup> )	1527.16	
% de Vacíos	41.61%	



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

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A1" / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9760.00	9740.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4872.00	4852.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.610	1.603
Contenido de Humedad (%)	1.23%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.610	1.603
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	<b>1.607</b>	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	<b>1606.54</b>	
% de Vacíos	<b>35.84%</b>	



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

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A1F' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9760.00	9740.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4872.00	4852.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.610	1.603
Contenido de Humedad (%)	1.23%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.610	1.603
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	<b>1.607</b>	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	<b>1606.54</b>	
% de Vacíos	<b>35.84%</b>	



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

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A1F' / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9760.00	9740.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4872.00	4852.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.610	1.603
Contenido de Humedad (%)	1.23%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.610	1.603
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	<b>1.607</b>	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	<b>1606.54</b>	
% de Vacíos	<b>35.84%</b>	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**CAMPUS TRUJILLO**  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS  
ASTM C-29

**PROYECTO** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO

**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : SETIEMBRE DEL 2019

**MUESTRA** : C-X / A1" / CANTERA / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9760.00	9740.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4872.00	4852.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.610	1.603
Contenido de Humedad (%)	1.23%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.610	1.603
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.607	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1606.54	
% de Vacíos	35.84%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

## Anexo 3. Ficha técnica de la fibra de acero Tipo CHO 80/60 NB.

  
BUILDING TRUST

---

# HOJA TÉCNICA

## Sika® Fiber CHO 80/60 NB

---

Fibra de acero para refuerzo del concreto en losas y concreto pre-fabricado

---

<b>DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO</b>	<p>Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto usado en losas de concreto tradicional e industriales y elementos de concreto pre-fabricado, especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto durante el mezclado, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 80/60 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.</p> <p><b>USOS</b></p> <p>Sika Fiber CHO 80/60 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto.</p> <p>En elementos de concretos pre-fabricados reforzados; en losas de pisos industriales (tráfico 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.</p> <p><b>CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.</li><li>▪ Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).</li><li>▪ Reducción de la fisuración por retracción.</li><li>▪ No afecta los tiempos de fraguado.</li><li>▪ Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.</li><li>▪ Relación longitud / diámetro igual a 80 para un máximo rendimiento.</li><li>▪ Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.</li></ul>
---------------------------------	---

---

Hoja Técnica  
Sika® Fiber CHO 80/60 NB  
01.03.16, Edición 4

**1/4**

- 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.

#### OBSERVACIONES TÉCNICAS

No agregue Sika® Fiber CHO 80/60 NB al mezclador antes de los áridos. Las bolsas con papel hidrosolubles pueden agregarse directamente al concreto.

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

### PRECAUCIONES DURANTE LA MANIPULACIÓN

Evite el contacto directo con los ojos y la piel. Protéjase utilizando guantes y lentes de seguridad.

### 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](http://www.sika.com.pe)

### 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. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de las 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](http://www.sika.com.pe).

**“La presente Edición anula y reemplaza a la Edición N° 3**

**la misma que deberá ser destruida”**

Hoja Técnica  
Sika® Fiber CHO 80/60 NB  
01.03.16, Edición 4

3/4

BUILDING TRUST



Anexo 4. Ensayo de resistencia a la compresión.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	113694.46	51571.00	186.27	276.87	76.06
02	PAVIMENTO RÍGIDO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	111134.89	50410.00	186.27	270.64	74.35
03	PAVIMENTO RÍGIDO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	109873.85	49838.00	188.69	264.12	72.56
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	128811.54	58428.00	186.27	313.68	86.18
02	PAVIMENTO RÍGIDO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	129157.66	58585.00	186.27	314.52	86.41
03	PAVIMENTO RÍGIDO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	126606.92	57428.00	188.69	304.35	83.61
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	150694.60	68354.00	186.27	366.97	100.82
02	PAVIMENTO RÍGIDO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	151541.17	68738.00	186.27	369.03	101.38
03	PAVIMENTO RÍGIDO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	151309.68	68633.00	188.69	363.73	99.93
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	109344.74	49598.00	176.72	280.67	77.11
02	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	110017.15	49903.00	176.72	282.39	77.58
03	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	04/10/2019	11/10/2019	7	109470.41	49655.00	176.72	280.99	77.19
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	137865.91	62535.00	186.27	335.73	92.23
02	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	132936.38	60299.00	181.46	332.30	91.29
03	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	08/10/2019	22/10/2019	14	135264.46	61355.00	183.85	333.72	91.68
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39**

**OBRA** : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
**SOLICITANTE** : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
**UBICACIÓN** : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**TESTIGOS** : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
**RESPONSABLE LAB.** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	155507.28	70537.00	181.46	388.72	106.79
02	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	154332.22	70004.00	181.46	385.78	105.98
03	PAVIMENTO RÍGIDO 1% DE FIBRA DE ACERO	364	05/10/2019	02/11/2019	28	160833.64	72953.00	186.27	391.66	107.60
<b>OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS</b>			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39**

**OBRA :** EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
**SOLICITANTE :** BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
**UBICACIÓN :** TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**TESTIGOS :** 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
**RESPONSABLE LAB. :** ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**FECHA :** OCTUBRE DEL 2019

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	17/10/2019	7	97241.38	44108.00	176.72	249.60	68.57
02	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	17/10/2019	7	100784.20	45715.00	183.85	248.65	68.31
03	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	17/10/2019	7	98579.58	44715.00	179.08	249.69	68.60
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	24/10/2019	14	106326.62	48229.00	176.72	272.92	74.98
02	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	24/10/2019	14	107592.07	48803.00	176.72	276.17	75.87
03	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	24/10/2019	14	106582.35	48345.00	176.72	273.58	75.16
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F' C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	07/11/2019	28	125277.53	56825.00	176.72	321.56	88.34
02	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	07/11/2019	28	124087.04	56285.00	176.72	318.51	87.50
03	PAVIMENTO RÍGIDO 2% DE FIBRA DE ACERO	364	10/10/2019	07/11/2019	28	124810.15	56613.00	176.72	320.36	88.01
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**
**CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39**

**OBRA :** EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
**SOLICITANTE :** BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
**UBICACIÓN :** TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
**TESTIGOS :** 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
**RESPONSABLE LAB. :** ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
**FECHA :** OCTUBRE DEL 2019

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	19/10/2019	7	79573.55	36094.00	176.72	204.25	56.11
02	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	19/10/2019	7	80753.03	36629.00	176.72	207.28	56.94
03	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	19/10/2019	7	80887.51	36690.00	176.72	207.62	57.04
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'C 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : OCTUBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	26/10/2019	14	94172.55	42716.00	176.72	241.72	66.41
02	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	26/10/2019	14	89395.14	40549.00	176.72	229.46	63.04
03	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	12/10/2019	26/10/2019	14	92578.61	41993.00	176.72	237.63	65.28
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA  
ASTM C39

OBRA : EFECTO DE FIBRA DE ACERO EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO F'c 280 KG/CM2 APLICADO EN UN PAVIMENTO RÍGIDO  
 SOLICITANTE : BERMUDEZ CHACÓN, RENATO DAVID - VÁSQUEZ CASTILLO, MARÍA PILAR  
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD  
 TESTIGOS : 03 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE  
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA  
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia Obtenida Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	22/10/2019	19/11/2019	28	107768.44	48883.00	176.72	276.62	75.99
02	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	22/10/2019	19/11/2019	28	107475.23	48750.00	176.72	275.87	75.79
03	PAVIMENTO RÍGIDO 3% DE FIBRA DE ACERO	364	22/10/2019	19/11/2019	28	106361.89	48245.00	176.72	273.01	75.00
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

## Anexo 5. Ensayo de resistencia a la flexotracción



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA  
Laboratorio de Concreto y Reciclado

### INFORME N°1/NOV19

**Solicita** : Vásquez Castillo María Pilar - 70011454  
Bermudez Chacón Renato David - 71466594

**Institución** : Universidad Privada Cesar Vallejo

**Nombre del proyecto** : Efecto de la fibra de acero en las propiedades mecánicas del  
concreto  $f'c$  280 Kg/cm<sup>2</sup> aplicada en un pavimento rígido

**Muestreo realizado por:** El solicitante

**Fecha de recepción** : 21/11/2019

**MUESTRA**

**Espécimen** : Viga rectangular

**Dimensiones** : 150 mm ancho x 150 mm de altura x 600 mm largo

**Aplicación de norma** : Resistencia a la Flexo tracción 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** : 12

**Edad del espécimen** : Elaboradas el 21/10/19, con 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, 23 de noviembre del 2019



**MUESTRA:**

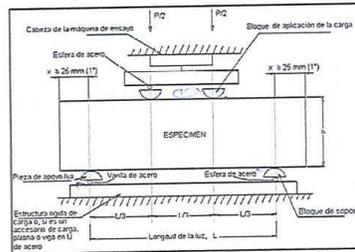


Figura 1: Esquema adecuado para flexión del concreto usando una viga simple cargada en los tercios de la luz

**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/mm<sup>2</sup>)

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).

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

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 23 de noviembre del 2019



INFORME N°1/NOV19

RESULTADOS:

N° de muestras	Código	Fuerza (KN)
1	Sin fibra	27.47
2	Sin fibra	26.90
3	Sin fibra	27.36
4	1%	27.64
5	1%	27.71
6	1%	27.74
7	2%	29.58
8	2%	29.48
9	2%	30.30
10	3%	29.60
11	3%	28.58
12	3%	37.83



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

Jefe de Laboratorio: Ing. Iván E. Vásquez Alfaro

Trujillo, 23 de noviembre del 2019