

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS EN MORTEROS
CON FIBRA DE ACERO TREFILADO PARA MUROS
PORTANTES, CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil



Autores:

Juan Fernando Alvarado Bolaños

Alexis Adrian Tafur Tasilla

Asesor:

Mg. Ing. Gabriel Cachi Cerna

Cajamarca - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, hermanos, tíos y abuelitos por estar siempre cuando los necesitamos, dándonos siempre su apoyo incondicional en los momentos críticos de nuestra vida. Pero sobre todo por inculcarnos los valores perseverancia, humildad y sencillez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos paciencia y serenidad para concluir con éxito; a nuestros padres y hermanos por darnos su colaboración y apoyo; también a mis asesores, docentes, amigos y compañeros que estuvieron con nosotros ayudándonos a salir adelante en la universidad.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	9
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
RESUMEN.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.....	13
1.2. Formulación del problema.....	24
1.3. Objetivos	24
1.4. Hipótesis.....	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
2.1. Tipo de investigación.....	26
2.2. Población y muestra.....	26
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	28
2.4. Procedimiento	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS	55
2.1. Granulometría	55
2.2. Contenido de humedad.....	56
2.3. Peso específico y absorción	57
2.4. Peso específico del cemento hidráulico	58
2.5. Fluidéz del mortero	58
2.6. Diseño del mortero	59
2.7. Variación dimensional	62
2.8. Alabeo.....	63
2.9. Resistencia a compresión de unidades de albañilería.....	64
2.10. Absorción	64
2.11. Succión.....	65
2.12. Resistencia a la compresión de morteros	65
2.13. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería	76
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	89
3.1. Discusión.....	89
3.2. Conclusiones.....	92
REFERENCIAS.....	94

ANEXOS.....	96
Anexo N° 1: Fotografías	96
Anexo N° 2: Ficha técnica del cemento Portland Tipo I.....	106
Anexo N° 3: Ficha técnica SIKA FIBER CHO 65-35-NB.....	109
Anexo N° 4: Protocolos de laboratorio.....	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la unidad de albañilería para fines estructurales	19
Tabla 2: Tipos de mortero	21
Tabla 3: Pilas de ladrillo artesanal con y sin fibra de acero trefilado	27
Tabla 4: Cubos de mortero con y sin fibra de acero trefilado	27
Tabla 5: Normas de Ensayo	28
Tabla 6: Granulometría de arena gruesa	31
Tabla 7: Granulometría de arena gruesa de río	55
Tabla 8: Contenido de humedad de arena gruesa de río	56
Tabla 9: Gravedad específica y absorción de agregados finos – río	57
Tabla 10: Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chetelier)	58
Tabla 11: Fluidéz del mortero	58
Tabla 12: Datos para el diseño del mortero	59
Tabla 13: Valores de b para distintas consistencias y módulos de finura de arena	60
Tabla 14: Variación de la unidad de albañilería, muestras ML1 - ML10	62
Tabla 15: Variación de la unidad de albañilería, muestras ML11 – ML20	62
Tabla 16: Alabeo de la unidad de albañilería muestras ML1 - ML10	63
Tabla 17: Alabeo de la unidad de albañilería muestras ML11 -ML 20	63
Tabla 18: Resistencia a compresión de la unidad de albañilería	64
Tabla 19: Absorción de las unidades de albañilería	64
Tabla 20: Succión de las unidades de albañilería	65
Tabla 21: f´m de morteros sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días	65
Tabla 22: f´m de morteros sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 21 días	66
Tabla 23: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 30%, tiempo de curado 14 días	66
Tabla 24: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 30%, tiempo de curado 21 días	66
Tabla 25: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 65%, tiempo de curado 14 días	67
Tabla 26: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 65%, tiempo de curado 21 días	67
Tabla 27: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 100%, tiempo de curado 14 días	67
Tabla 28: f´m de morteros con fibra de acero trefilado al 100%, tiempo de curado 21 días	68
Tabla 29: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 30%, tiempo de curado 14 días	68
Tabla 30: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 30%, tiempo de curado 21 días	69
Tabla 31: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 65%, tiempo de curado 14 días	69
Tabla 32: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 65%, tiempo de curado 21 días	69
Tabla 33: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 14 días	70
Tabla 34: f´m de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 21 días	70
Tabla 35: Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado	71
Tabla 36: Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado	71
Tabla 37: Resistencia de morteros con 0% y 100% de fibra de acero trefilado	72
Tabla 38: Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado cortado	73
Tabla 39: Resistencia de morteros con 0% y 65% de fibra de acero trefilado cortado	74
Tabla 40: Resistencia de morteros con 0% y 100% de fibra de acero trefilado cortado	75
Tabla 41: f´m de pilas sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días	76
Tabla 42: f´m de pilas sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días	77
Tabla 43: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 14 días	77
Tabla 44: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 21 días	77
Tabla 45: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 14 días	78
Tabla 46: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 14 días	78
Tabla 47: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 14 días	79
Tabla 48: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 21 días	79

Tabla 49: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 30%, tiempo de curado 14 días	80
Tabla 50: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado adicionado al 65%, tiempo de curado 21 días	80
Tabla 51: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 14 días	81
Tabla 52: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 21 días	81
Tabla 53: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 100%, tiempo de curado 14 días	82
Tabla 54: f´m de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 14 días	82
Tabla 55: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 30% de fibra de acero trefilado	82
Tabla 56: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 65% de fibra de acero trefilado	83
Tabla 57: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 100% de fibra de acero trefilado.....	84
Tabla 58: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 30% de fibra de acero trefilado cortado.....	85
Tabla 59: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 65% de fibra de acero trefilado cortado.....	86
Tabla 60: Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 100% de fibra de acero trefilado cortado.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Unidades de albañilería	19
Figura 2: Cubos de mortero.....	21
Figura 3: SikaFiber® CHO 65/35 NB	23
Figura 4: Ubicación de la cantera.....	29
Figura 5: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (1): Peso de muestra húmeda	33
Ecuación (2): Peso de muestra seca	34
Ecuación (3): Contenido de humedad.....	34
Ecuación (4): Longitud promedio del ancho	40
Ecuación (5): Longitud promedio de la altura	40
Ecuación (6): Longitud promedio del largo	40
Ecuación (7): Variación dimensional del ancho	40
Ecuación (8): Variación dimensional de la altura	40
Ecuación (9): Variación dimensional del largo.....	40
Ecuación (10): Coeficiente de variación	40
Ecuación (11): Desviación Estándar	41
Ecuación (12): Resistencia a la compresión	43
Ecuación (13): Absorción de la unidad de albañilería	44
Ecuación (14): Succión.....	46
Ecuación (15): Resistencia a la compresión.	47
Ecuación (16): Resistencia a la compresión.	48
Ecuación (17): Resistencia característica	49
Ecuación (18): Peso del material húmedo	50
Ecuación (19): Peso del material seco	50
Ecuación (20): Contenido de humedad.....	50
Ecuación (21): Peso Especifico	51
Ecuación (22): Absorción	51
Ecuación (23): Peso Específico del cemento.....	51
Ecuación (24): Porcentaje de Fluidez.	52
Ecuación (25): Factor "n" para cálculo de la cantidad de cemento.....	61
Ecuación (26): Cálculo de cantidad de cemento.	61

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Cuarteo de muestra.....	30
Fotografía 2: Análisis granulométrico	32
Fotografía 3: Peso de tara	32
Fotografía 4: Peso de tara + muestra húmeda.....	33
Fotografía 5: Peso de tara + muestra seca	33
Fotografía 6: Muestras para ingresar al horno	34
Fotografía 7: Muestra saturada con agua	35
Fotografía 8: Secado de material	35
Fotografía 9: Muestra en baño maría a temperatura constante.	36
Fotografía 10: Colocación de cemento a el frasco Le Chatelier	37
Fotografía 11: Frasco de Le Chatelier en baño maría.....	38
Fotografía 12: Enrasado con espátula.....	38
Fotografía 13: Pasta lista para registro de medidas	39
Fotografía 14: Toma de medidas	39
Fotografía 15: Ensayo de compresión de la unidad de albañilería.	43
Fotografía 16: Saturado de las unidades de albañilería para ensayo de Absorción.	44
Fotografía 17: Ensayo de succión	45
Fotografía 18: Ensayo de resistencia a compresión.....	48
Fotografía 19: Pilas de albañilería, luego de ser aplicadas a compresión.....	48
Fotografía 20: Cuarteo de la arena gruesa de río.....	96
Fotografía 21: Tamizado de la arena gruesa de río	96
Fotografía 22: Taras para ser colocadas en el horno	97
Fotografía 23: Secado de muestra	97
Fotografía 24: Apasionado de muestra, para ver si esta superficialmente saturado	98
Fotografía 25: Peso de fiola	98
Fotografía 26: Medición de temperatura de la muestra en baño maría	99
Fotografía 27: Tomando medidas de la unidad de albañilería	99
Fotografía 28: Midiendo altura de agua, para succión del ladrillo	100
Fotografía 29: Baño maría con muestra de cemento y nafta	100
Fotografía 30: Mesa de Flujo	101
Fotografía 31: Mezcla al retirar el molde.....	101
Fotografía 32: Enrasado de mezcla de agua con cemento.....	102
Fotografía 33: Succión de agua del ladrillo de arcilla	102
Fotografía 34: Secado de unidades de albañilería en horno	103
Fotografía 35: Unidades de albañilería saturados en agua durante 24 horas	103
Fotografía 36: Cubos de mortero en relación 1:2.8	104
Fotografía 37: Morteros con fibra de acero trefilado luego de ser aplicados a compresión	104
Fotografía 38: Elaboración de pilas de albañilería en relación 1:2.8.....	105
Fotografía 39: Pila de albañilería con fibra de acero trefilado cortado, siendo aplicado a compresión	105

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva granulométrica	56
Gráfico 2: Resistencia de los morteros añadido el 30 % de fibra de acero trefilado.....	71
Gráfico 3: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado.....	72
Gráfico 4: Resistencia de los morteros añadido el 100 % de fibra de acero trefilado.	73
Gráfico 5: Resistencia de los morteros añadido el 30 % de fibra de acero trefilado cortado.	74
Gráfico 6: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado.....	75
Gráfico 7: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado.....	76
Gráfico 8: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 30 % de fibra de acero trefilado	83
Gráfico 9: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 65 % de fibra de acero trefilado	84
Gráfico 10: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 100 % de fibra de acero trefilado.....	85
Gráfico 11: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 30 % de fibra de acero trefilado cortado.	86
Gráfico 12: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado.	87
Gráfico 13: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 100 % de fibra de acero trefilado cortado.....	88

RESUMEN

En la presente tesis, se determina la resistencia a compresión de morteros y pilas de albañilería con fibra de acero trefilado en dosificaciones de 0%, 30%, 65% y 100%. Los principales objetivos de esta investigación fueron; determinar la resistencia a compresión de morteros con diferentes dosificaciones de fibra de acero trefilado, además de encontrar la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$) de pilas elaboradas con esta fibra a un porcentaje de 0%, 30%, 65% y 100%. Para lo cual se realizó una metodología aplicable y experimental teniendo como población unas 84 pilas de albañilería y 70 morteros en diferentes dosificaciones de fibra de acero trefilado. Obteniendo como resultado la resistencia a compresión de los morteros sin aditivo a una dosificación de 1:2.8 es de 322.694 kg/cm², el de porcentaje de adición al 30% con fibra de acero trefilado es de 331.338 kg/cm², al 65 % fue de 352.58 kg/cm² mientras tanto el de 100% es de 333.086 kg/cm². En tanto en lo que son pilas de albañilería se obtuvo el $f'm$ sin aditivo la cual fue de 21.63 kg/cm², el que tenía porcentaje de adición de 30 % fue 29.147 kg/cm², el de 65% fue de 28.445 kg/cm² y el de 100% debido a que no se puede adherir correctamente es de 20.077 kg/cm².

Con los resultados obtenidos se comprueba que al utilizar fibra de acero trefilado sin cortar para las dosificaciones de 30%, 65% se logra incrementar la resistencia a compresión de la albañilería hasta un 30% respecto a las muestras de albañilería sin adición; mientras que para la dosificación del 100% de fibra no aumenta debido a que no presenta adherencia; en cambio con fibra de acero trefilado cortado se demuestra que la hipótesis cumple en un 100%, ya que aumenta la resistencia en 30% en las tres dosificaciones utilizadas..

Palabras clave: Resistencia a compresión, ladrillos, morteros, fibra de acero trefilado y pilas de albañilería

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La construcción de viviendas, tanto en Chile como en el resto de los países latinoamericanos, se realiza principalmente en albañilería confinada. En general, se ha reconocido que este tipo de construcción ha tenido un buen comportamiento en los terremotos que han afectado la región. Con el propósito de contribuir al diseño sísmico de este tipo de edificios, para lo cual se aprovecha la información de estudios experimentales de muros de albañilería confinada realizados en Chile, México y Venezuela (Maximiliano Astroza I., 2014).

La construcción informal en nuestro país se ha convertido en un problema constante, lo cual nace en el subdesarrollo, incompetencia e incapacidad que presenta el Estado para enfrentarse a los cambios que sufre el Perú por el constante incremento de población, misma que en la mayoría de los casos no cuenta con recursos económicos suficientes para contratar profesionales capacitados para la construcción de sus edificaciones, razón por la cual recurren a la informalidad para edificar sus viviendas de albañilería confinada, para ello contratan mano de obra que no está capacitada y que desconoce las normas técnicas y requisitos mínimos que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones, como consecuencia de lo mencionado y de no tener supervisión de personal técnico capacitado, la gran parte de estas viviendas presentan problemas estructurales graves y son vulnerables ante cualquier evento sísmico convirtiéndose en un peligro constante para sus habitantes. (Alva, 2016)

Este modelo de construcción de Albañilería Confinada es llamado también Chimbote 1970, conocido por su abreviatura CH-1970, en reconocimiento a las familias damnificadas por el terremoto que asoló Áncash en 1970 y fue desarrollado por 25 egresados de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería

entre septiembre de 1970 y 1974, asesorados por el autor; también fue empleado en la reconstrucción de viviendas de albañilería y en el diseño de nuevas casas después del terremoto de Pakistán del 2005. (Kuroiwa, 2016).

En Ica, Pisco y Cañete, viviendas diseñadas y construidas con el método de Albañilería Confinada resistieron de manera muy satisfactoria el terremoto de la Región Ica del 2007. Se recomienda su uso en todo el territorio peruano, dándole amplia difusión mediante proyectos de capacitación. Sin embargo, la prioridad es que se implemente en los asentamientos humanos que rodean la ciudad de Lima. (Kuroiwa, 2016)

Los muros portantes son elementos estructurales que ayudan a darle a una vivienda la fortaleza que necesita, especialmente ante la eventualidad de un sismo; para que los muros portantes realicen esta imprescindible función, es importante utilizar buenos materiales y que el proceso constructivo sea el correcto. (Cruz, 2010).

Existen diversos tipos de fibras entre ellas las naturales; las de procedencia vegetal tales como: algodón, lino, yute, ramio, sisal, coco etc., y fibras de procedencia animal como: lana, pelo de angora, pelo de camello, mohair, cachemira, alpaca, seda, entre otro. Pero también hay fibras fabricadas por el hombre (sintéticas), algunas a base de benceno, llamadas fibras de nylon, otras a partir de la condensación de alcoholes y ácidos orgánicos o de hidroxiacidos, denominadas fibras poliéster, las fibras acrílicas por la polimerización de radical acrilonitrilo, también hay fibras de origen metálico. En el mercado de la construcción existen diversos tipos de fibras, así como o diversos tipos de empresas que se dedican a la venta de estas; teniendo entre ellas a “CHEMA”, la cual dentro de sus productos ofrece, Chema Fibra Ultrafina, que es reductora de micro fisuras en concreto/mortero y Chema Fibra Acrílica, la cual mejora las propiedades mecánicas del concreto. Pero una de las marcas más conocidas en el Perú,

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

es “SIKA”, que en sus productos no solo ofrece fibras poliméricas, si no también fibras metálicas, entre ambos tipos tenemos a: SikaCem-1 Fiber, Sikafiber PE, Sika Fiber CHO 65/35 NB, Sika Fiber CHO 80/60 NB, Sika Fiber Force PP-48 y Sika Fiber LHO 45/35 NB. (Carrasco Huaccha, 2018).

De la presente investigación se tiene algunos estudios previos tales como:

La adición de fibras de acero en el concreto afecta de manera favorable en las propiedades del concreto a 3200 m.s.n.m. Observando que reduce la trabajabilidad, pero mejora la resistencia a compresión y flexión, además le brinda ductilidad; como también reduce la aparición de fisuras, lo cual es una característica muy importante ya que el concreto adquiere mayor durabilidad, puesto que los riesgos de abrasión por el medio ambiente y otros agentes se reducen. (NOELIA, 2013).

Uno de los mayores problemas de albañilería confinada, es que no se le brinda la importancia adecuada a las propiedades físico – mecánicas, los únicos aditivos que se usan son de fragua rápida los cuales solo aceleran su resistencia y no mejoran sus propiedades, es por eso que es importante buscar soluciones y aprovechar materiales alternativos. A lo largo de los años ha sido una práctica común el uso de fibras para mejorar las propiedades del concreto como la resistencia y la durabilidad. Debido a que es necesario un diseño de mezclas para muros portantes que generen una mayor fortaleza, por lo cual esta investigación, brinda una alternativa de solución tal como el uso de fibras metálicas, con información precisa, mismas que al ser incorporados en la elaboración de morteros mejoran la calidad de estos.

Según la Tesis de “Mejora de la adherencia mortero – ladrillo de concreto” de Álvaro Morante, donde aplicaron tres técnicas de construcción distintas a la recomendada por el fabricante, para tratar de incrementar la adherencia entre el mortero y los ladrillos,

para cada técnica ensayaron 4 pilas y 4 muretes, obteniendo como resultado que ninguna de las 3 técnicas sobresale de manera clara en valores de resistencia a compresión axial, pero en resistencia a compresión diagonal hubo ligeras diferencias, se concluye que la técnica más adecuada es la Técnica C, le sigue la Técnica A y, finalmente, la Técnica B.

El estudio de la adherencia mortero – Ladrillo de concreto vibrado en tres técnicas de construcción realizado por Ángel San Bartolomé y Álvaro Morante donde el principal objetivo es analizar la adherencia en la interface mortero – ladrillo de concreto vibrado mediante dos técnicas de construcción adicionales se utilizó la prueba de compresión diagonal en muretes de albañilería. Entonces, como las técnicas utilizadas podrían afectar a la resistencia a compresión, también se ensayaron a compresión axial pilas de albañilería. Obteniendo como resultado que el mortero cal de la técnica C (1 : ½ : 4), tuvo una ligera mayor resistencia a compresión (5%) y menor dispersión de resultados que el mortero sin cal (1 : 4), usando en las técnicas A y B, donde se notó que la cal proporcione mayor trabajabilidad y rentividad a la mezcla. La resistencia a corte puro promedio fue prácticamente independiente de la técnica de construcción utilizada; sin embargo, la técnica C { mortero con cal) se logró la menor dispersión de resultados, lo cual hizo que la resistencia característica ($v'm$) para la técnica C sea 9% mayor que la correspondiente a la técnica A.

En el estudio de Hormigones reforzados con fibras de acero, realizado por Dr.Ing. Fernández Cánovas de construcciones IETcc, donde el empleo de fibras para mejorar la isotropía de un material no es algo desconocido, se realizaron ensayos en el Instituto Eduardo Torroja, un amplio estudio sobre hormigones reforzados con fibras de acero, de extremos conformados Dramix, a fin de conocer las mejoras que se producían en

las características mecánicas de hormigones a los que se incorporaron diferentes tipos y cuantías de fibras, teniendo como resultados que la ductilidad disminuye al aumentar el contenido en fibras dentro de un mismo tipo de ellas; en cuanto a las resistencia mecánicas, la determinación se hizo con probetas de 15 x 30, para los ensayos de compresión, y de tracción por el método brasileño, todos los ensayos se efectuaron a la edad de 28 días después de un curado normalizado; obteniendo como resultado un aumento de 31.2 % en proporción de 80 kg/m³.

En cuanto a la tesis doctoral “Fluencia a flexión del hormigón reforzado con fibras de acero (SFRC) en estado fisurado” de Samuel Arango, el hormigón reforzado con fibras de acero (SFRC) resulta de la acción de adicionar, al hormigón tradicional, fibras relativamente cortas que se distribuyen aleatoriamente, donde el comportamiento del SFRC y la determinación de sus propiedades mecánicas ha sido ampliamente estudiado en ensayos a corto plazo, pero la capacidad de garantizar estas propiedades a lo largo del tiempo no se han estudiado en profundidad; obteniendo como resultado un programa experimental para la fluencia a flexión del SFRC en estado fisurado, variando el tipo de hormigón, tipo y contenido de fibras, se ha constado la capacidad del SFRC en estado fisurado de soportar cargas a lo largo del tiempo, desarrollando deformaciones diferidas que varían en función de las características del material y de la carga aplicada. Los valores obtenidos de los hormigones II-45/50-40-20 y II-50/30/40-10 muestran valores de fluencia superiores a los propuestos en un 80% mientras tanto en hormigones I-80/35-40-10 el valor de fluencia es de e 95 % donde presentan valores de elevados.

Con respecto a la tesis “Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 m.s.n.m.” de Noelia Mosquera y José Remuzgo, en donde

se determinó el efecto de la adición de fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 m.s.n.m. para ello realizaron mezclas de concreto en relación agua /cemento: 0.40, 0.50, y 0.60, con la adición de fibras de acero en proporciones de 15,25 y 35 kg por metro cúbico de concreto, para lo cual se elaboró 132 probetas cilíndricas, 24 probetas prismáticas y losas de 1.2 x 1.90 x 0.20. los resultados obtenidos fueron que las dosificaciones de 15 y 25 kg/m³ de fibra de acero afectan a la resistencia a la compresión en el concreto en valores de que se encuentran entre -7.51 y 7.77%, mientras que la dosificación de 35kg/m³ incrementa la resistencia del concreto entre 3.95 y 8.55% del concreto sin fibra.

Como consecuencia de todo lo antes mencionado se elaborarán cubos de mortero y pilas de albañilería las cuales son un prototipo de muro de albañilería a escala, utilizando de muestra patrón y mortero con adición de 30%,65% y 100% de un solo tipo de fibra de acero trefilado cortado y sin cortar, para realizar el ensayo de resistencia a la compresión y verificar si estas adiciones mejoran o no los resultados e identificar como trabajo mejor la fibra.

Vale mencionar algunos conceptos básicos en la investigación.

Unidades de albañilería: Según la Norma Técnica E.070, se denomina ladrillo a aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manipulada con una sola mano. Se denomina bloque a aquella unidad que por su dimensión y peso requiere de las dos manos para su manipuleo.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

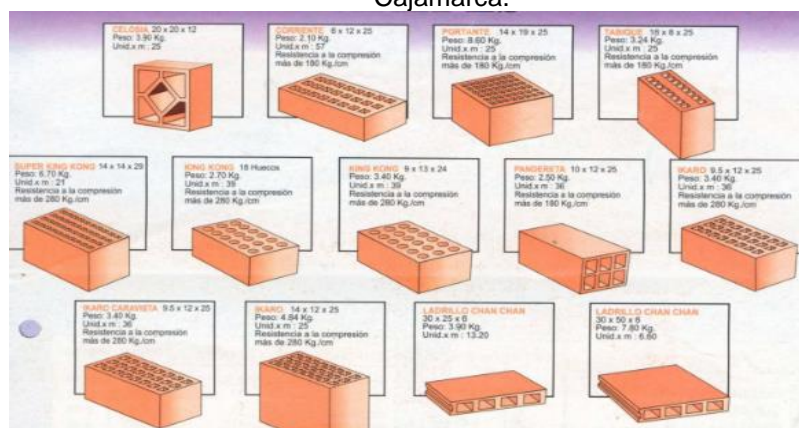


Figura 1: Unidades de albañilería
Fuente: Msc. Ing. Norbertt Quispe, 2014

Las características de estas unidades según la norma E070 pueden ser sólidas, huecas, alveolares o tubulares y podrán ser fabricadas de manera artesanal o industrial. Las unidades de albañilería de concreto serán utilizadas después de lograr su resistencia especificada y su estabilidad volumétrica. Para el caso de unidades curadas con agua, el plazo mínimo para ser utilizadas será 28 días almacenadas a una temperatura no menor de 10 °C.

Tabla 1

Clasificación de la unidad de albañilería para fines estructurales

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)				ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA
	Hasta 100 mm	Hasta 150mm	Más de 150 mm	de		CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN
						$f'b$ mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4		10	4,9 (50)

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P⁽¹⁾	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP⁽²⁾	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

Obsérvese que los ARTESANALES pueden ser de Tipo I al III, con resistencia a la compresión mínima de 60, 70 y 95 Kg/cm² respectivamente; así mismo debe notarse que los INDUSTRIALES serán de Tipo IV y V, con resistencia a la compresión mínima de 130 y 180 Kg/ cm² respectivamente. Msc. Ing. Norbertt Quispe, 2014.

Mortero: Según la Norma Técnica E.070, el mortero estará constituido por una mezcla de aglomerantes y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero, se tendrá en cuenta lo indicado en las normas NTP 399.607 y 399.610.

Características de los morteros:

- Trabajabilidad: Debe ser tal que se extienda con facilidad y cubra las superficies de las unidades de albañilería.
- Retención de agua: Debe poseer una buena retentividad para evitar que el mortero pierda agua en forma excesiva, la cual puede no ser absorbida por las unidades de albañilería, produciéndose una separación entre ladrillo y mortero. Un mortero con buen comportamiento debe tener una retentividad mayor al 70%, que corresponde a grado 1.

- Resistencia: La resistencia a la compresión de un mortero debe cumplir con la especificación del proyecto o normativa vigente.
- Volumen estable: Debe ser volumétricamente estable; de lo contrario, el exceso de retracción causa que el mortero se separe de la unidad de albañilería (Instituto del cemento y del hormigón de Chile, 2010).



Figura 2: Cubos de mortero; según el instituto del cemento y del hormigón de Chile en 2010, el mortero es utilizado para pegar unidades de albañilería entre sí. En ocasiones, es recomendable utilizar aditivos para mejorar propiedades de consistencia, retención de agua, tiempo de fraguado, etc. Puede ser fabricado en obra o predosificado.

Los componentes del mortero tendrán las proporciones volumétricas (en estado suelto)

indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 2

Tipos de mortero

TIPOS DE MORTERO				
COMPONENTES				USOS
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA	
P1	1	0 a 1/4	0 a 1/4	Muros Portantes

P2	1	1 a 1/4	1 a 1/4	Muros Portantes
NP	1	-	Hasta 6	Muros No Portantes

Se podrán emplear otras composiciones de morteros, morteros con cementos de albañilería, o morteros industriales (embolsado o premezclado), siempre y cuando los ensayos de pilas y muretes proporcionen resistencias iguales o mayores a las especificadas en los planos y se asegure la durabilidad de la albañilería.

De no contar con cal hidratada normalizada, especificada en el Artículo 6 (6.2ª), se podrá utilizar mortero sin cal respetando las proporciones cemento-arena indicadas en la tabla 2.

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



Figura 3: SikaFiber® CHO 65/35 NB

Sus características son:

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

La presente investigación se enfocó en estudiar las propiedades físico y mecánicas de morteros con fibra de acero trefilado en muros portantes en Cajamarca, ya que la mayor parte de las edificaciones son de albañilería confinada y los únicos aditivos que se utilizan son de fragua rápida los cuales solo aceleran su resistencia y no mejoran sus

propiedades, así la presente investigación pretende aprovechar materiales alternativos como fibras de acero para mejorar las propiedades de los morteros. Debido a que es necesario un diseño de mezclas para muros portantes que generen una mayor fortaleza, donde esta investigación brinda una alternativa de solución con fibras de acero trefilado que al ser incorporados al mortero mejoran la calidad de estos.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar las propiedades físico – mecánicas en morteros para muros portantes, utilizando fibras de acero trefilado.

1.3.2. Objetivos específicos

- Analizar los ensayos de análisis granulométrico del agregado fino, contenido de humedad, peso específico, absorción, peso específico del cemento hidráulico (Frasco de Chatelier) y fluidez del cemento hidráulico.
- Clasificar el ladrillo de arcilla artesanal, según la Normal Técnica E070.
- Determinar la resistencia a compresión de los cubos de mortero con fibras de acero trefilado sin cortar y cortada en tres partes al 0%, 30 %, 65% y 100%.
- Hallar la resistencia a compresión de las pilas de albañilería, con morteros de adición de fibra de acero trefilado sin cortar y cortada en tres partes al 0%, 30 %, 65% y 100%.

- Comparar la resistencia a compresión de pilas de albañilería, con mortero al 0%, 30 %, 65% y 100% de adición de fibra de acero trefilado sin cortar y cortada en tres partes.

1.4. Hipótesis

A medida que el mortero se mejora con fibra de acero trefilado aumenta sus propiedades físico – mecánicas en un 30% más que un mortero con una dosificación normal.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es experimental, cuyo enfoque es cuantitativo debido a que busca medir con precisión las variables en estudio, en cuanto al corte esta investigación corresponde a un estudio transversal pues se realiza en un tiempo determinado.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

La población está compuesta por 84 pilas de albañilería y 70 cubos de mortero, para la elaboración de las pilas se utilizó ladrillos de arcilla, utilizando mortero sin adición y mortero adicionados con diferentes porcentajes de las fibras de acero trefilado; mientras que para los cubos de mortero se utilizó cemento portland tipo I, agregado fino y las dosificaciones de fibras de acero trefilado en los mismos porcentajes de las pilas.

2.2.2. Muestra

La muestra está compuesta por 84 pilas de albañilería y 70 cubos de mortero. Para las pilas se utilizó mortero sin adición para la muestra patrón, mientras que para las pilas que utilizan mortero adicionado de fibras de acero trefilado se utilizaron 30%, 65% y 100% de fibra, tanto para las fibras completas como para las fibras cortadas; obedeciendo a la siguiente tabla:

Tabla 3

Pilas de ladrillo artesanal con y sin fibra de acero trefilado

Mezclas	1:2.8 sin cal	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 30%	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 65%	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 100%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 30%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 65%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 100%	TOTAL
Pilas de Ladrillo de arcilla artesanal	12	12	12	12	12	12	12	84

Para los cubos de mortero se utilizó la dosificación 1:2.8 adicionado fibras de acero trefilado, en un 30%, 65% y 100% de fibra, tanto para las fibras completas como para las fibras cortadas; obedeciendo a la siguiente tabla:

Tabla 4

Cubos de mortero con y sin fibra de acero trefilado

Mezclas	1:2.8 sin cal	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 30%	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 65%	1:2.8 con fibras de acero trefilado al 100%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 30%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 65%	1:2.8 con fibras de acero trefilado cortada en tres partes al 100%	TOTAL
CUBOS DE 5cm x 5 cm x 5 cm	10	10	10	10	10	10	10	70

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Como técnica para la recolección de datos se utilizó la observación directa y la recolección de datos.

En los instrumentos para la recolección de datos de esta investigación, son los protocolos establecidos y validados por la Universidad Privada del norte, mismos que describen el procedimiento para realizar cada ensayo, y los datos que se deben recolectar de los mismos,

Para el análisis de datos, se procedió a realizar el trabajar en gabinete apoyándonos en el software Microsoft Excel.

Tabla 5

Normas de Ensayo

Ensayo	Norma
Análisis granulométrico	MTC E 204/ ASTM C136 /NTP 400.012
Contenido de humedad	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127
Gravedad específica y absorción de agregados finos	MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022
Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chatelier)	MTC E610 / ASTM C188 / NTP 334.005
Fluidez de mortero del cemento hidráulico	MTC E617 / ASTM 230 / NTP 334.057
Variación dimensional	NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604
Alabeo	NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604
Resistencia a compresión de la unidad de albañilería	NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604
Absorción	NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604
Succión	NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604
Resistencia a compresión de mortero	MTC E609-ASTM C109-NTP 334.051
Resistencia a compresión de pilas de albañilería	NTP 399.605 Y 399.621

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Con los resultados obtenidos se elaboró el análisis de datos, realizando el diseño de mezclas del mortero para la elaboración de pilas de albañilería haciendo uso de hojas de cálculo, gráficos de columnas y dispersión.

2.4. Procedimiento

El procesamiento de datos se llevará a cabo mediante hojas de cálculo en el programa Microsoft Excel, tomando como referencia los cuadros planteados en los protocolos para albañilería de la Universidad Privada del Norte, los cuales están elaborados en base las normas como las MTC, ASTM y NTP donde las utilizadas se muestran en la tabla 5.

2.4.1. Procedimiento de recolección de datos

2.4.1.1. Inspección y obtención de arena gruesa

Se realizó la obtención de la arena gruesa de río en la cantera “BAZÁN”, ubicada en Hermano Miguel Carducci salida a Bambamarca.



Figura 4: Ubicación de la cantera.

2.4.1.2. Análisis Granulométrico de la arena gruesa (MTC E 204 / ASTM C136 / NTP 400.012).

Se realizó el cuarteo y se secó la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. (se secó al ambiente).



Fotografía 1: Cuarteo de muestra.

Se seleccionaron los tamaños adecuados de tamices, según la NTP E.070: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y cazoleta. Los tamices se encajaron en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y se colocó la muestra sobre el tamiz superior. Luego se procedió agitar los tamices manualmente.

Se limitó la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tuvieron la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado.

Se continuó el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1% de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasó a través de él durante 1 min de tamizado manual.

Se determinó la masa de cada incremento de medida sobre una balanza conforme a los requerimientos aproximando al 0.1% más cercano de la masa total original de la muestra seca. La masa total de material luego del tamizado fue verificada con la masa de la muestra colocada sobre cada tamiz. Si la cantidad difiere en más de 0.3%, sobre la masa seca original de la muestra, el resultado no deberá utilizarse para propósitos de aceptación.

Luego se procedió al pesado de la cantidad que retuvo en cada tamiz, para verificar que la curva se encuentre entre los usos granulométricos indicados en la siguiente tabla:

Tabla 6

Granulometría de arena gruesa

TAMIZ		Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
(pulg)	(mm)	Límite Superior	Límite Inferior
N° 4	4.75	95%	100%
N° 8	2.36	80%	100%
N° 16	1.18	50%	85%
N° 30	0.6	25%	60%
N° 50	0.3	10%	30%
N° 100	0.15	2%	10%
N° 200	0.075	0%	3%
Bandeja	0	-	-

Fuente: RNE,2016.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 2: Análisis granulométrico

2.4.1.3. Contenido de humedad (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127)

Se identificaron los recipientes o taras utilizadas.

Se pesó las taras para poder restar y obtener el peso total de la muestra colocada (B).



Fotografía 3: Peso de tara

Se pesó la muestra húmeda con la tara para tener el peso total (C).

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 4: Peso de tara + muestra húmeda

Se secó la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.

Se pesó la muestra seca en con todo y tara (D).



Fotografía 5: Peso de tara + muestra seca

Se determinó el peso de la muestra húmeda realizando la siguiente fórmula:

$$E = C - B \quad \text{Ecuación (1): Peso de muestra húmeda}$$

Se obtuvo el peso seco de la muestra restando el peso de la tara con la muestra total.

$$F = D - B \quad \text{Ecuación (2): Peso de muestra seca}$$

Se aplicó la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad.

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación (3): Contenido de humedad}$$

2.4.1.4. Gravedad específica y absorción de agregados finos.

Se obtuvo por muestreo 1.5 kg de material, este fue secado en el horno a una temperatura de $100 \pm 10^\circ\text{C}$ por 24 horas, posteriormente se dejó airear por 30'.



Fotografía 6: Muestras para ingresar al horno

El material fue puesto en un recipiente y se cubrió con agua, se dejó reposar durante 24 horas. Luego de ese tiempo se sacó el material utilizando donde se realizó el proceso de decantación, se extendió sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se removió con frecuencia, para garantizar un secado uniforme (Para este ensayo se utilizó un secador de pelo, este método es alternativo ya que para el verdadero ensayo se utiliza una estufa). Se continuó esta operación hasta que los granos del agregado no se adhieran entre sí. En el molde cónico, se colocó la muestra y se apisonó

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

suavemente 25 veces con la varilla de metal y se levantó el molde verticalmente. Se repitió esta operación cada 15' del secado y del molde cónico hasta que el cono de agregado se desintegre, siendo en ese instante cuando el agregado fino se encuentra en estado saturado superficialmente seco. La desintegración se dio a partir del segundo intento, ya que, si es en el primer intento, se llevó a un recipiente con agua dejándolo reposar por 1 hora, y se repitió el proceso de secado hasta que se produjo el desmoronamiento.



Fotografía 7: Muestra saturada con agua



Fotografía 8: Secado de material

Al estar en este estado, se tomó 500 gr y se lo introdujo al frasco con agua hasta aproximadamente 90% de la capacidad del frasco para eliminar el aire atrapado, se agito constantemente y se colocó en un baño de agua (Baño

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

María) a una temperatura entre 21 °C y 25 °C durante 1 hora. Se llenó el frasco hasta su totalidad (100%).

Se sacó el agregado fino del frasco (proceso de decantación), se secó a peso constante a una temperatura de 110 °C \pm 10 °C, se enfrió a temperatura ambiente por 30' y se secó.

Para obtener el peso del frasco más agua, se llenó el mismo frasco que se utilizó en el ensayo y se lo llenó con agua hasta 90% de su capacidad. Luego se lo lleva a un baño maría a una temperatura constante, se vertió agua a la misma temperatura hasta el 100% y se lo pesó.



Fotografía 9: Muestra en baño maría a temperatura constante.

2.4.1.5. Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chatelier) (MTC E610 / ASTM C188 / NTP 334.005).

Se lavó el frasco Le Chatelier y seco su interior (libre de residuos y humedad).

Llenado el frasco Le Chatelier entre las marcas de 0 y 1 ml (se recomienda llenar hasta la marca de 0 ml), con nafta. Luego se secó el cuello del frasco.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Sumergido el frasco en Baño María a temperatura ambiente hasta que no existan diferencias mayores de $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre la temperatura del líquido dentro del frasco y la temperatura del líquido exterior a éste. Debido a que cuando se desprendan las burbujas de aire el líquido dentro del frasco disminuirá, se llenó éste con una pipeta entre las marcas de 0 y 1 ml.

Se pesó una cantidad de cemento de 64 y se colocó en el frasco, mediante la ayuda de un embudo para evitar salpicaduras y la adherencia en el frasco.



Fotografía 10: Colocación de cemento a el frasco Le Chatelier

Colocación del tapón en el frasco y se agito, de tal manera de liberar de aire el cemento hasta que ya no exista escape de burbujas hacia la superficie.

Se volvió a colocar en baño María y se controló la temperatura. Después se midió el volumen y para luego anotar el resultado obtenido.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 11: Frasco de Le Chatelier en baño maría.

2.4.1.6. Fluidez de mortero del cemento hidráulico MTC E617 / ASTM 230 / NTP 334.057.

Se realizó la pasta de cemento en una bandeja, para no generar ninguna pérdida de material.

Se colocó el molde en el centro de la mesa de flujo, se vertió en el molde una capa de pasta de unos 25mm de espesor.

Luego se apisono 20 golpes con el compactador uniformemente distribuidos.

Para la segunda capa se llenó totalmente el molde y se apisono como la capa anterior, se retiró el exceso de pasta y se enrasó con la espátula.



Fotografía 12: Enrasado con espátula

Se dejó reposar la pasta por 1 minuto, aquí se realizó la limpieza de los desperdicios de la pasta.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Se retiró el molde, inmediatamente después se giró la manija de la mesa de flujo 25 veces en 15 segundos (ritmo constante).

Se registraron los diámetros en las líneas fijadas de la mesa de flujo (4 lados).



Fotografía 13: Pasta lista para registro de medidas

2.4.1.7. Variación dimensional (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604.

Se midieron las unidades individualmente con un vernier de acero graduada.

Se midieron 20 unidades enteras y secas.



Fotografía 14: Toma de medidas

La variación dimensional, se midió la dimensión de cada arista del espécimen (D = L, b, h) se tomó el promedio de las 4 medidas (en mm) en la parte media de cada cara.

$$A_0 = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4}{4} \quad \text{Ecuación (4): Longitud promedio del ancho}$$

$$H_0 = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + H_4}{4} \quad \text{Ecuación (5): Longitud promedio de la altura}$$

$$L_0 = \frac{L_1 + L_2 + L_3 + L_4}{4} \quad \text{Ecuación (6): Longitud promedio del largo}$$

Según el proyecto de Norma Técnica E.070 (SENCICO 2004), la variación dimensional expresada en porcentaje de cada arista de la unidad de albañilería se tomó como el cociente entre la desviación estándar y el valor promedio de la muestra, multiplicado por 100.

$$V\% = \frac{A_f - A_0}{A_f} * 100 \quad \text{Ecuación (7): Variación dimensional del ancho}$$

$$V\% = \frac{H_f - H_0}{H_f} * 100 \quad \text{Ecuación (8): Variación dimensional de la altura}$$

$$V\% = \frac{L_f - L_0}{L_f} * 100 \quad \text{Ecuación (9): Variación dimensional del largo}$$

$$V(\%) = \frac{\sigma}{x} * 100 \quad \text{Ecuación (10): Coeficiente de variación}$$

$$\delta = \sqrt{\sum \frac{(D_i - D_p)^3}{(N - 1)}} \quad \text{Ecuación (11): Desviación Estándar}$$

Donde:

σ = desviación estándar.

x = dimensión promedio.

2.4.1.8. Alabeo (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604)

Los 20 especímenes se ensayaron tal cual se los recibe, únicamente se eliminó con una brocha el polvo adherido en las superficies

Superficies cóncavas: cuando la distorsión a ser medida correspondió a una superficie cóncava, se colocó la carilla de borde recto longitudinal o también se colocó diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que dio la mayor desviación de la línea recta. Se escogió la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto.

Usando la regla de acero o cuña se midió esta distancia con una aproximación de 1 mm y luego se registró como la distorsión cóncava de la superficie.

Bordes cóncavos: Cuando la distorsión a ser medida era la de un borde y cóncava, se colocó la varilla de borde recto entre los extremos del borde cóncavo a ser medido. Se seleccionó la distancia más grande desde el borde el espécimen a la varilla como borde recto. Usando la regla de acero o cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm, y se registró como la distorsión cóncava del borde.

Superficies convexas: cuando la distorsión a ser medida era la de una superficie convexa, se colocó al espécimen con la superficie convexa en

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

contacto con una superficie plana y con las esquinas aproximadamente equidistantes de la superficie plana. Usando la regla de acero o cuña, se midió la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas desde la superficie plana. Se registró el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen.

Bordes convexos: Cuando la distorsión a ser medida era la de un borde convexo, se colocó la varilla de bordes rectos entre los extremos del borde convexo. Donde se seleccionó la distancia más grande del borde del espécimen a la varilla. Usando la cuña, se midió esta distancia con una aproximación de 1mm y se registró la distorsión convexa del borde.

2.4.1.9. Resistencia a la comprensión de la unidad de albañilería (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604)

Las unidades para ensayar fueron unidades secas de ancho y altura equivalentes a las de la unidad original, y longitud igual a medida unidad ± 25 mm. Si la capacidad de resistencia del espécimen excedía la capacidad de la máquina, se podría ensayar piezas menores, con altura y espesor de la unidad original y longitud no menor de $\frac{1}{4}$ de la longitud total de la unidad, y con un área de sección horizontal bruta no menor de 90. El espécimen de prueba se pudo obtener por cualquier método de corte que produzca un espécimen con extremos aproximadamente planos y paralelos, sin astillas ni rajaduras. Se ensayó diez especímenes.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trellado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 15: Ensayo de compresión de la unidad de albañilería.

La resistencia a compresión (f'_b) se obtuvo dividiendo la carga de rotura (P_u) entre el área bruta (A) de la unidad cuando esta es sólida y el área neta (A) cuando es hueca o perforada; la Norma Peruana, sin embargo, considera siempre como divisor el área bruta, para evitar errores y poder comparar valores de resistencia directamente.

$$f'_b = \frac{P_u}{A} \quad \text{Ecuación (12): Resistencia a la compresión}$$

Donde:

P_u = Máxima carga en Kg, indicada por la máquina de ensayo

A = Promedio del área de la superficie en contacto en cm^2

2.4.1.10. Absorción

Se ensayaron 10 especímenes, se comenzó con el secado y ventilando los especímenes de prueba en concordancia con lo especificado.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Luego se realizó la saturación que consiste en sumergir parcialmente el espécimen en agua limpia (potable, destilada o agua de lluvia) a temperatura entre 15.5°C a 30°C) por el tiempo especificado. Luego se retiró el espécimen, se limpió el agua superficial con un paño y se pesó el espécimen. Se pesó todos los especímenes dentro de los cinco minutos siguientes luego de ser retirados del agua.



Fotografía 16: Saturado de las unidades de albañilería para ensayo de Absorción.

Finalmente se calculó la absorción de cada espécimen se realizó con la siguiente ecuación.

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} \times 100 \quad \text{Ecuación (13): Absorción de la unidad de albañilería}$$

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

2.4.1.11. Succión (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604)

Se ensayaron 10 especímenes.

Se calculó en base a la diferencia en el peso (gr.), entre el peso inicial y final es el peso del agua absorbida por el ladrillo durante el minuto de contacto con el agua. Si el área (largo x ancho) no difiere más de $\pm 2.5\%$ de 200 cm^2 .



Fotografía 17: Ensayo de succión

Se consideró que se emplea testigos secados al horno cuando se trata de ensayos de investigación, y unidades en su estado natural cuando se trata de ensayos para evaluar la succión para un proceso constructivo. El espécimen, después de pesado (P_s), se colocó sobre los soportes durante un minuto; luego se retiraron, se secó la superficie con un paño y se pesaron (P_m). La succión se obtiene del P_m y P_s , son los pesos antes indicados en gramos y A es el área de contacto de la unidad con el agua en centímetros cuadrados. La succión se pudo expresar en $\text{gr}/200\text{cm}^2/\text{min}$ o simplemente en gramos.

$$\text{Succión} \left(\frac{\text{gr}}{200\text{cm}^2} \right)_{\text{min}} = \frac{200 (W_m - W_s)}{A} \quad \text{Ecuación (14): Succión}$$

2.4.1.12. Resistencia a compresión de mortero (MTC E609-ASTM C109-NTP 334.051).

Antes de la compresión de los morteros se realizó el diseño para obtener la relación cemento, agregado fino y agua.

Se realizó diez morteros de cada tipo de mezcla usada en las pilas de investigación donde se pesó los materiales en base a las proporciones de la mezcla señalada.

Se realizó el mezclado uniformemente de la arena y el cemento hasta que se integren totalmente, se fue colocando el agua conforme se realizó el mezclado para unificar la mezcla.

Se realizó el mezclado uniformemente de la arena, cemento y acero trefilado hasta que se integren totalmente, se fue colocando el agua conforme se realizó el mezclado para unificar la mezcla.

Posteriormente se lubricaron los moldes con el material necesario para que estos no se peguen. Luego, se realizó el moldeado de los especímenes por apisonamiento manual, vertiendo la mezcla en los moldes cúbicos, compactando en cada compartimiento 32 veces en alrededor de 10 segundos en 4 rondas.

Después de completar el moldeo, se procedió a desmoldar e identificar a las 24 horas de edad cada muestra, donde posteriormente fueron sumergidos los especímenes en agua en tanques de almacenamiento, libres de daños.

Se retiró de los tanques de almacenamiento los cubos que cumplieron sus 28 días de curado, y luego dejarlos secar para seguidamente ser medidos y posteriormente ensayados. Además; se comprobó por medio de una regla que las caras están perfectamente planas, para que luego el espécimen fuera colocado en la máquina de compresión.

$$f_m = \frac{P_{max}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación (15): Resistencia a la compresión.}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

$P_{m\acute{a}x}$: Fuerza máxima que resiste la pila (Kg)

\acute{A} : Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

Esta fórmula es la representativa de la resistencia a compresión de diferentes especímenes como el ladrillo, mortero y concreto. Como se observa en la ecuación 15.

2.4.1.13. Resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 y 399.621)

Se midió el área de contacto del prisma y la altura. Luego se limpiaron las caras superior e inferior de la máquina de ensayo y de la muestra. Se colocó la pila en la máquina de ensayo apoyándolo en la plancha inferior y se centró los ejes del espécimen con los ejes de la plancha de apoyo. Se acercaron los cabezales hasta hacer contacto con la parte superior de la pila.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 18: Ensayo de resistencia a compresión.

Se aplicó la carga hasta alcanzar la mitad de la carga máxima esperada a una velocidad de 50 KN/min, luego se retiró los instrumentos de medición y se aplicó la carga remanente a una velocidad adecuada en no menos de 1 minuto ni más de 2 minutos.



Fotografía 19: Pilas de albañilería, luego de ser aplicadas a compresión.

Se registró la carga máxima, donde se obtuvo mediante la ecuación 2, la resistencia a compresión.

$$f_m = \frac{P_{max}}{\text{Área}} \quad \text{Ecuación (16): Resistencia a la compresión.}$$

Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

P máx: Fuerza máxima que resiste la pila (Kg)

Á: Área bruta transversal a la fuerza (cm²)

Luego se procedió a aplicar la corrección el $f'm$, con el factor de corrección de esbeltez de la pila indicada en la Norma Técnica E.070.

Se calculó la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio.

$$f'm = fm - \sigma \quad \text{Ecuación (17): Resistencia característica}$$

Donde:

fm : Resistencia a compresión axial (Kg/cm²)

$f'm$: Resistencia característica a compresión (Kg/cm²)

σ : Desviación estándar.

2.4.2. Procedimiento de análisis de datos

Para el análisis de datos de esta investigación se utilizó el software Microsoft Excel.

2.4.2.1. Resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 y 399.621)

El módulo de finura se calculó sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido): N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100, dividiéndolo entre 100. El módulo de finura se encontró comprendido entre 1,6 y 3.1, como se indica en la norma.

2.4.2.2. Contenido de humedad (MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP

339.127)

Se calcula el peso del material húmedo para ello se debe haber registrado previamente el peso de la tara o recipiente y el peso de la tara con la muestra en estado natural vertida en este para este cálculo se aplica la siguiente ecuación.

$$W_{mh} = P_{mh+t} - P_t \quad \text{Ecuación (18): Peso del material húmedo}$$

Donde:

P_{mh+t} : Peso de la muestra húmeda más es el peso de la tara.

P_t : Peso de la tara.

Paso siguiente se calcula el peso del material seco procediendo de la siguiente manera:

$$W_s = P_{ms+t} - P_t \quad \text{Ecuación (19): Peso del material seco}$$

Donde:

P_{ms+t} : Peso de la muestra seca en la estufa más es el peso de la tara.

P_t : Peso de la tara.

Para finalmente con ambos datos obtenidos calculas el contenido de humedad obedeciendo a la que ecuación que se muestra a continuación.

$$\%W = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación (20): Contenido de humedad}$$

2.4.2.3. Gravedad específica y absorción de agregados finos.

Para obtener la gravedad específica y la absorción del material primero se debe tener los datos del peso del frasco, el peso superficialmente seco del suelo, luego obtener el volumen de masa más el volumen de vacíos, a

continuación, se calcula el peso específico y la absorción con las siguientes

formulas:

$$\% Pe = A/E$$

Ecuación (21): Peso Especifico

$$\% Abs = \left(\frac{A - F}{F} \right) * 100$$

Ecuación (22): Absorción

Donde:

Pe: Peso específico.

Abs: Absorción

A: Peso saturado superficialmente seco del suelo.

E_t: Volumen de masa más volumen de vacíos.

F: Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)

2.4.2.4. Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chatelier) (MTC E610 / ASTM C188 / NTP 334.005).

De los datos obtenidos en laboratorio se calcula el peso específico del cemento hidráulico con el peso del cemento utilizado, volumen inicial y desplazado utilizando la siguiente ecuación:

$$\%Pc = \frac{(E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n)}{n}$$

Ecuación (23): Peso Especifico del cemento

Donde:

%Pc: Porcentaje de peso específico del cemento.

E_i: Peso específico del cemento.

n: Número de veces.

2.4.2.5. Fluidez de mortero del cemento hidráulico MTC E617 / ASTM 230 / NTP 334.057.

Con respecto a la fluidez del mortero el resultado se obtiene en la mesa de flujo, mezclando agua más cemento en diferentes proporciones y luego midiendo el diámetro del molde, donde la fluidez se calcula con la siguiente formula:

$$\%F = \left(\frac{De - Dbm}{Dbm} \right) * 100 \quad \text{Ecuación (24): Porcentaje de Fluidez.}$$

Donde:

%F: Porcentaje de fluidez del cemento.

De: Diámetro promedio extendido.

Dbm: Diámetro base de molde.

2.4.2.6. Variación dimensional (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604).

De los datos obtenidos en laboratorio se calcula el promedio para el ancho, alto y largo de cada uno de los especímenes utilizando las ecuaciones 4,5 y 6. Luego se calcula la variación dimensional V (%) aplicando las ecuaciones 7,8 y 9.

2.4.2.7. Alabeo (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604).

Como se han tomado medidas tanto de convexidad y concavidad para ambas caras del espécimen se debe calcular el promedio de dichas medidas y así obtener el alabeo total.

2.4.2.8. Resistencia a compresión de la unidad de albañilería (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604).

La resistencia a la compresión se calcula aplicando la ecuación 12, habiendo registrado previamente los datos de la medida del largo y el ancho, utilizándolos para calcular el área donde se aplicará la fuerza.

2.4.2.9. Absorción (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604).

Los datos registrados durante el desarrollo del ensayo en el laboratorio se procesan aplicando la ecuación 13.

2.4.2.10. Succión (NTP 331.017, NTP 331.018 y NTP 331.109 y NTP 399.604).

Se determina la succión aplicando la fórmula 14, habiendo registrado previamente los resultados del ensayo del laboratorio.

2.4.2.11. Resistencia a compresión de mortero (MTC E609-ASTM C109-NTP 334.051).

Para determinar la resistencia a compresión (m) se determinó dividiendo la carga de rotura entre el área bruta; y la resistencia a compresión característica del mortero se obtuvo restando una desviación estándar al promedio de los resultados teniendo en cuenta la fórmula 15.

2.4.2.12. Resistencia a compresión de pilas de unidades de albañilería (NTP 399.605 y 399.621).

La resistencia se calcula aplicando la ecuación 16, teniendo en cuenta la resistencia característica restando la desviación estándar a la resistencia promedio como indica la ecuación 17.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

2.1. Granulometría

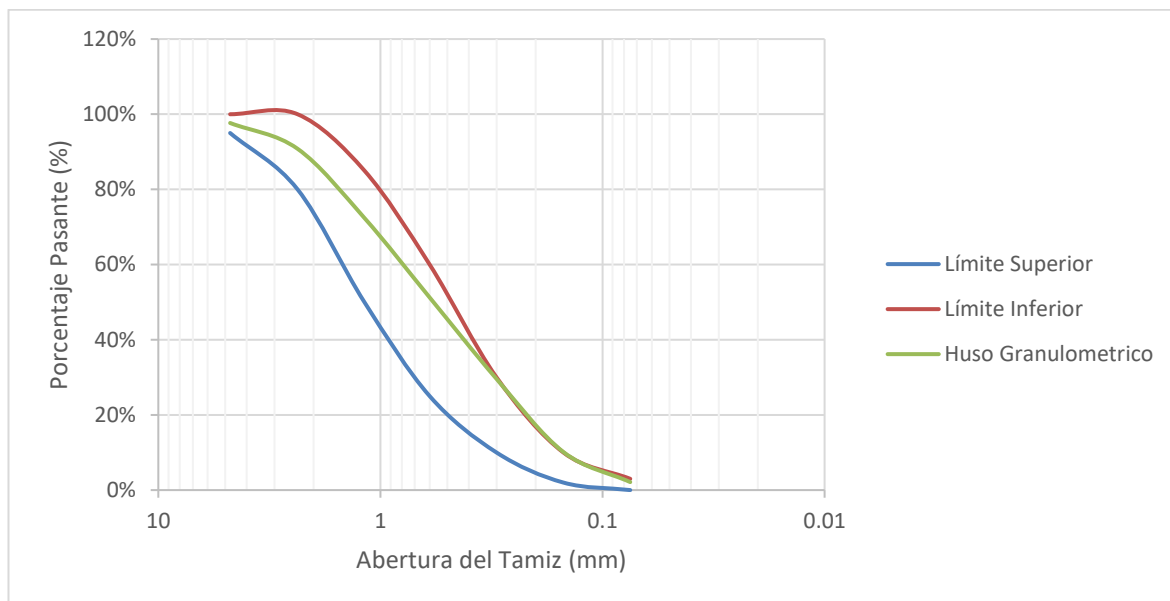
Se presenta la curva granulometría dentro de los límites superior e inferior de la arena gruesa de río que se generó de los datos obtenidos del ensayo de granulometría (Tabla 7), obteniendo un módulo de finura de 2.48 donde está en los rangos de 1.6 a 2.5 según la norma E070 albañilería.

Tabla 7

Granulometría de arena gruesa de río

N°	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO (%)	% RETENIDO ACUMULADO (%)	% PASANTE ACUMULADO (%)	Husos Granulométrico (Depende TMN, Revisar Norma ASTM C33)	
	(pulg)	(mm)					Límite Superior	Límite Inferior
1	N° 4	4.75	54.40	2.33%	2.33%	97.67%	95%	100%
2	N° 8	2.36	160.40	6.87%	9.20%	90.80%	80%	100%
4	N° 16	1.18	429.73	18.40%	27.60%	72.40%	50%	85%
5	N° 30	0.6	494.00	21.16%	48.76%	51.24%	25%	60%
6	N° 50	0.3	505.60	21.65%	70.41%	29.59%	10%	30%
7	N° 100	0.15	454.23	19.45%	89.87%	10.13%	2%	10%
8	N° 200	0.075	186.90	8.00%	97.87%	2.13%	0%	3%
9	Bandeja	0	49.74	2.13%	100.00%	0.00%	-	-
		□	2335.00	100.00%				
Módulo de Finura =				2.48				

Gráfico 1: Curva granulométrica



2.2. Contenido de humedad

Se obtuvo como resultado del contenido de humedad de la arena gruesa de río 5.01% indicada en la tabla 8:

Tabla 8

Contenido de humedad de arena gruesa de río

Contenido de humedad - agregado fino de río					
ID	Descripción	Und	M1	M2	M3
A	Identificación del recipiente o Tara	-	Tara 1	Tara 2	Tara 3
B	Peso del Recipiente	gr	27.00	27.00	27.00
C	Recipiente + Material Natural	gr	307.50	287.40	269.30
D	Recipiente + Material Seco	gr	294.50	274.70	257.70
E	Peso del material húmedo	gr	280.50	260.40	242.30
	(Wmh) = C - B				
F	Peso del material Seco	gr	267.50	247.70	230.70
	(Ws)= D - B				
W%	Porcentaje de humedad	%	4.86%	5.13%	5.03%
	(E-F / F) * 100				
G	Promedio Porcentaje Humedad	%		5.01%	

2.3. Peso específico y absorción

Los resultados obtenidos en la tabla 9 son de pesos específicos y absorción de la arena gruesa de río como se muestra a continuación:

- Peso específico (base seca): 1.37 gr/cm³.
- Peso específico (base saturada): 1.41 gr/cm³.
- Peso aparente (base seca): 1.43 gr/cm³.
- Absorción: 2.95 %.

Tabla 9

Gravedad específica y absorción de agregados finos – río

Gravedad específica y absorción de agregados finos - río						
ID	Descripción	Und	M1	M2	M3	Resultado
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del suelo (Psss)	gr	514.70	515.90	513.70	
B	Peso del frasco + agua hasta marca de 500ml	gr	1435.20	1436.00	1435.80	
C	Peso del frasco + agua + Psss, C = A + B	gr	1949.90	1951.90	1949.50	
D	Peso del frasco + Psss + agua hasta la marca de 500ml	gr	1587.90	1586.50	1585.40	Promedio
E	Volumen de masa + volumen de vacío, E = C – D	cm ³	362.00	365.40	364.10	
F	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	500.00	500.00	500.00	
G	Volumen de masa, G = E – (A - F)	cm ³	347.30	349.50	350.40	
H	Peso específico bulk (base seca), H = F / E	gr/cm ³	1.38	1.37	1.37	1.37
I	Peso específico (base saturada), I = A / E	gr/cm ³	1.42	1.41	1.41	1.41
J	Peso específico aparente (base seca), J = F / G	gr/cm ³	1.44	1.43	1.43	1.43
K	Absorción, K = (A – F / F) * 100	%	2.94%	3.18%	2.74%	2.95%

2.4. Peso específico del cemento hidráulico

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en campo del cemento portland tipo I, tiene un peso específico de 3.15 gr /cm³ como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10

Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chetelier)

Peso específico del cemento hidráulico (frasco de le chetelier)					
ID	Descripción	Und	M1	M2	M3
A	Peso de cemento utilizado (gr)	gr	64.00	64.00	64.00
B	Volumen inicial (cm ³)	cm³	0.00	0.00	0.00
C	Volumen final (cm ³)	cm³	20.30	20.40	20.30
D	Volumen desplazado	cm³	20.30	20.40	20.30
	D = C - B				
E	Peso específico del cemento hidráulico (gr/cm ³)	gr/cm³	3.15	3.14	3.15
	E = A/D				
F	Peso específico del agua a 4°C	gr/cm³	1.00	1.00	1.00
G	Peso específico relativo del cemento	-	3.15	3.14	3.15
	G = E/F				
H	Temperatura del ensayo (°c)	°c	21.40	20.60	21.20
I	Peso específico del cemento hidráulico (gr/cm ³)	gr/cm³		3.15	
	I = (E1 + E2 + E3 + ... + EN)/N				

2.5. Fluidéz del mortero

La fluidéz del mortero es de 102% lo cual se encuentra en el rango de plástica como se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11:

Fluidéz del mortero

Lectura	Diámetro de la pasta (cm)	Diámetro de la pasta (mm)
1	20.50	205.00
2	20.20	202.00
3	20.70	207.00
4	20.20	202.00
Diámetro promedio	20.40	204.00
Fluidéz (%) =	102%	

2.6. Diseño del mortero

En base a los resultados obtenidos de los agregados y el cemento, se continuo con la realización del diseño de mortero, como se muestra a continuación:

Datos:

Tabla 12

Datos para el diseño del mortero

Resistencia	175	kg/cm ²
M. Finura	2.48	
C. Densidad del cemento	3.15	gr/cm ³
Peso específico del agregado fino	2.64	

1° Paso:

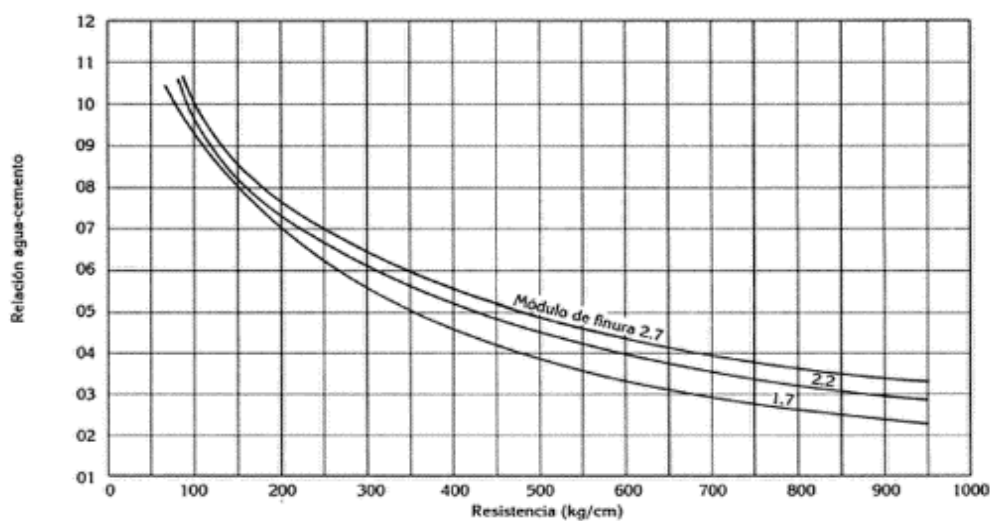


Figura 5: Correspondencia entre los valores de relación agua-cemento resistencia a la compresión para morteros hechos con cemento- portland tipo I y arena de forma angular y textura rugosa.

Con los datos obtenidos se tabula en la figura anterior para obtener la relación de agua cemento (A/C) que viene a dar como resultado 0.82.

2° Paso:

Con los datos obtenidos en laboratorio de la relación agua cemento (a/c), de la fluidez del mortero nos da como resultado 0.387.

3° Paso.

El mortero nos da una fluidez de 102% como se muestra en la tabla 11, donde ingresando este dato a la tabla 13 nos da como resultado una consistencia plástica.

Tabla 13

Valores de b para distintas consistencias y módulos de finura de arena

Consistencia	Módulo de finura	Arena de granos redondos y lisos	Arena de granos angulares y rugosos
Seca (90%)	1.7	0.3293	0.3215
	2.2	0.3110	0.3028
	2.7	0.2772	0.2930
	3.2	0.2394	0.2494
Plástica (110%)	1.7	0.3242	0.3238
	2.2	0.3033	0.2947
	2.7	0.2734	0.2879
	3.2	0.2368	0.2477
Fluida (130%)	1.7	0.3172	0.3216
	2.2	0.2927	0.3003
	2.7	0.2687	0.2949
	3.2	0.2340	0.2629

El material utilizado es arena gruesa de río, el cuales tiene característica de redondos y lisos, donde interpolando en la tabla 13 nos da el valor de b que viene dar un valor de 0.2865.

4° Paso:

En la ecuación 25 se calculó el valor “n” para poder obtener la cantidad de cemento, dando como resultado 2.63.

$$n = \frac{\ln\left(\frac{A}{C}\right) - \ln(K)}{b} \quad \text{Ecuación (25): Factor "n" para cálculo de la cantidad de cemento.}$$

5° Paso:

El valor de cemento en kg/m³ se obtuvo utilizando la ecuación 18, donde este viene a dar como resultado de 469 kg/m³.

$$C = \frac{1}{\left(\frac{1}{G_c} + \frac{1}{G_a} + \frac{1}{C}\right)} \quad \text{Ecuación (26): Cálculo de cantidad de cemento.}$$

6° Paso:

Se obtuvo 385 t/m³ de agua, al multiplicar el resultado de la relación de agua cemento con el resultado anterior del 5° paso.

7° Paso:

La cantidad de arena se halló multiplicando el valor de “n” con la cantidad de cemento donde se obtuvo un valor de 1231.50 kg/m³

8° Paso:

Se realizó la corrección por humedad; donde se restó el porcentaje de peso específico de agregado fino menos la absorción de este mismo obteniendo 3.25%.

9° Paso:

Para la corrección de valores de agua libre de agregado se tomó el resultado del 8° paso, con la arena obtenida dando como resultado lo siguiente:

Agua =	345.003	lt/m3
Arena =	1293.139	kg/m3

10° Paso:

Con los resultados analizados en los pasos anteriores nos da una dosificación de cemento, agregado más agua de 1: 2.8 + 31.82 lt.

Para la adición de fibras de acero trefilado en los morteros para muros portantes según nuestro diseño (1:2.8) se tomó en cuenta la ficha técnica SikaFiber CHO 65/35 NB,

donde indica que por metro cubico se debe colocar entre 15 – 50 kg, por lo tanto, se agregó porcentajes de 30%, 65% y 100%.

2.7. Variación dimensional

Se realizó dicho ensayo en 20 especímenes de albañilería, los datos obtenidos se detallan en las tablas 14 y 15.

Tabla 14

Variación de la unidad de albañilería, muestras ML1 - ML10

Especímen (cm)	Longitud efectiva	Ancho efectivo	Altura efectiva
	L. Promedio	A. Promedio	H.Promedio
ML - 01	21.31	12.84	8.36
ML - 02	21.48	12.93	8.08
ML - 03	21.38	12.77	8.20
ML - 04	21.36	12.64	8.23
ML - 05	21.47	12.83	8.15
ML - 06	21.40	12.76	8.30
ML - 07	21.42	12.76	8.27
ML - 08	21.34	12.80	8.17
ML - 09	21.36	12.84	8.15
ML - 10	21.68	13.05	8.05
Promedio (mm)	214.188	128.213	81.935
Desviación estándar	0.106	0.108	0.096
Coefficiente de variación	0.011	0.012	0.009
Longitud de fabrica	220.000	130.000	85.000
Variación dimensional	2.64%	1.38%	3.61%

Tabla 15

Variación de la unidad de albañilería, muestras ML11 – ML20

Especímen (cm)	Longitud efectiva	Ancho efectivo	Altura efectiva
	L. Promedio	A. Promedio	H.Promedio
ML - 11	20.72	12.28	7.98
ML - 12	20.73	12.29	7.87
ML - 13	20.71	12.21	8.10
ML - 14	20.72	12.33	8.02
ML - 15	20.96	12.33	8.10
ML - 16	20.85	12.40	7.84

ML - 17	20.71	12.30	7.84
ML - 18	20.78	12.33	7.95
ML - 19	20.69	12.31	7.91
ML - 20	20.96	12.58	8.00
Promedio (mm)	207.815	123.340	79.600
Desviación estándar	0.103	0.098	0.094
Coefficiente de variación	0.011	0.010	0.009
Longitud de fabrica	220.000	130.000	85.000
Variación dimensional	5.54%	5.12%	6.35%

2.8. Alabeo

Los datos obtenidos en laboratorio de 20 especímenes respecto al ensayo de alabeo de las unidades de albañilería fueron procesados con las ecuaciones indicadas anteriormente obteniéndose los resultados que se muestran en las tablas 16 y 17.

Tabla 16

Alabeo de la unidad de albañilería muestras ML1 - ML10

Especímen	Cara a		Cara b	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
ML - 01	-	0.50	1.00	-
ML - 02	-	1.00	0.50	-
ML - 03	-	0.80	1.00	-
ML - 04	-	0.50	0.50	-
ML - 05	-	1.00	1.00	-
ML - 06	-	0.50	0.50	-
ML - 07	-	1.00	1.00	-
ML - 08	-	0.50	0.40	-
ML - 09	-	1.00	0.80	-
ML - 10	-	0.50	0.50	-
Promedio	-	0.73	0.72	-

Tabla 17

Alabeo de la unidad de albañilería muestras ML11 -ML 20

Especímen	Cara a		Cara b	
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	Cóncavo (mm)	Cóncavo (mm)
ML - 11	-	1.50	0.50	-
ML - 12	-	0.50	0.50	-
ML - 13	-	1.00	1.20	-
ML - 14	-	0.50	-	1.00
ML - 15	-	0.20	1.00	-
ML - 16	-	1.00	1.00	-

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trellado para muros portantes, Cajamarca.

ML - 17	-	1.00	0.80	-
ML - 18	-	0.50	1.00	-
ML - 19	-	0.20	-	-
ML - 20	-	1.00	1.00	-
Promedio	-	0.74	0.88	1.00

2.9. Resistencia a compresión de unidades de albañilería

En la tabla 18 muestra la longitud, ancho y altura promedio de 10 unidades de albañilería más su carga máxima, con los cuales se calculó la resistencia a la unidad de albañilería dando como resultado 39.017 kg/cm².

Tabla 18

Resistencia a compresión de la unidad de albañilería

Espécimen	Lo (cm)	Ao (cm)	Ho (cm)	Carga Máxima (kg)	Ab (cm ²)	f'b (kg/cm ²)
ML - 11	20.723	12.283	7.975	10082.000	254.524	39.611
ML - 12	20.725	12.285	7.870	10175.000	254.607	39.964
ML - 13	20.710	12.208	8.095	11323.000	252.817	44.787
ML - 14	20.723	12.328	8.023	10601.000	255.457	41.498
ML - 15	20.955	12.330	8.095	12635.000	258.375	48.902
ML - 16	20.853	12.395	7.843	10786.000	258.467	41.731
ML - 17	20.705	12.300	7.843	11616.000	254.672	45.612
ML - 18	20.780	12.325	7.953	9944.000	256.114	38.827
ML - 19	20.688	12.308	7.910	11030.000	254.611	43.321
ML - 20	20.955	12.580	7.995	10278.000	263.614	38.989
				f'b promedio (kg/cm²)		42.324
				Desviación Estándar		3.308
				Coefficiente de Variación		10.940
				f'b (kg/cm²)		39.017

2.10. Absorción

De 10 especímenes de albañilería se realizó el ensayo de absorción, donde el porcentaje de absorción oscila entre 14% y 17% como muestra la siguiente tabla:

Tabla 19

Absorción de las unidades de albañilería

Unidad	Absorción (kg/m ³)	Absorción %
ML - 01	1017.44	15.34%
ML - 02	1009.84	15.12%

ML - 03	1010.04	14.80%
ML - 04	1013.75	15.23%
ML - 05	1020.08	14.95%
ML - 06	1012.05	14.74%
ML - 07	1009.94	14.81%
ML - 08	1013.83	15.27%
ML - 09	1013.49	15.69%
ML - 10	1019.05	16.12%

2.11. Succión

Con 10 unidades de albañilería se realizó el ensayo de succión obteniendo el resultado en $\text{g}/\text{min}/200\text{cm}^2$ como se muestra en la tabla 20.

Tabla 20

Succión de las unidades de albañilería

UNIDAD	SUCCIÓN ($\text{g}/\text{min}/200\text{cm}^2$)
ML - 01	321.818
ML - 02	527.561
ML - 03	449.070
ML - 04	477.640
ML - 05	430.784
ML - 06	495.962
ML - 07	425.710
ML - 08	532.869
ML - 09	648.667
ML - 10	515.127

2.12. Resistencia a la compresión de morteros

2.12.1. Morteros sin adición

La resistencia a la compresión de morteros patrón con curado de 14 y 28 días nos dan como resultado promedio de $208.968 \text{ kg}/\text{cm}^2$ y $322.694 \text{ kg}/\text{cm}^2$ tal como se muestra en las tablas 21 y 22.

Tabla 21

f'm de morteros sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días

Nº	P (kg)	A (cm^2)	f'm = (kg/cm^2)
-----------	---------------	-------------------------------------	---

M1	8744	25	349.76
M2	5507	25.5	215.96
M3	3091	25.15	122.9
M4	4222	25.35	166.55
M5	4846	25.55	189.67
Promedio			208.968

Tabla 22

f'm de morteros sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 21 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm = (kg/cm ²)
M6	9792	25.45	384.75
M7	9767	25.76	379.15
M8	6732	25.91	259.82
M9	8945	25.76	347.24
M10	6344	26.16	242.51
Promedio			322.694

2.12.2. Morteros adicionados con 30% de fibra de acero trefilado

La resistencia promedio de los morteros con adición del 30% de fibras de acero trefilado nos dan como resultado de 330,124 kg/cm² y 331.338 kg/cm², donde en las tablas 23 y 24 se muestra un resumen de estas.

Tabla 23

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 30%, tiempo de curado 14 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm = (kg/cm ²)
M1	8844	25.6	345.47
M2	9531	26.01	366.44
M3	7451	25.5	292.2
M4	7030	25.76	272.9
M5	9303	24.9	373.61
Promedio			330.124

Tabla 24

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 30%, tiempo de curado 21 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm = (kg/cm ²)
----	--------	----------------------	--------------------------------

M6	10224	25.45	401.73
M7	7936	26.99	294.03
M8	9950	25.6	388.67
M9	7057	26.01	271.32
M10	7689	25.55	300.94
Promedio			331.338

2.12.3. Morteros adicionados con 65% de fibra de acero trefilado

Las tablas 25 y 26 nos dan como resultado a la resistencia de morteros con adición de fibra de acero trefilado a un 65% de 181.07 kg/cm² y 352.586 kg/cm².

Tabla 25

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 65%, tiempo de curado 14 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm= (kg/cm ²)
M1	5264	26.46	198.94
M2	1336	25.45	52.5
M3	6372	24.50	260.08
M4	4334	25.00	173.36
M5	5578	25.30	220.47
Promedio			181.07

Tabla 26

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 65%, tiempo de curado 21 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm= (kg/cm ²)
M6	7048	24.9	283.05
M7	8338	25.5	326.98
M8	9167	25.05	365.95
M9	11628	25.1	463.27
M10	8173	25.25	323.68
Promedio			352.586

2.12.4. Morteros adicionados con 100% de fibra de acero trefilado

Con una adición de fibra de acero trefilado a un 100% obtenemos una resistencia a la compresión de 245.267 kg/cm² y 333.086 kg/cm², que se muestran en las tablas 27 y 28.

Tabla 27

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 100%, tiempo de curado 14 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm= (kg/cm ²)
M1	10524	24.75	425.21
M2	4742	26.62	178.14
M3	5016	25.45	197.09
M4	5700	25.1	227.09
M5	4832	24.3	198.85
Promedio			245.276

Tabla 28

f'm de morteros con fibra de acero trefilado al 100%, tiempo de curado 21 días

Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm= (kg/cm ²)
M6	7941	25	317.64
M7	10654	25.1	424.46
M8	8805	24.95	352.91
M9	4760	26.11	182.31
M10	9664	24.9	388.11
Promedio			333.086

2.12.5. Morteros adicionados con 30% de fibra de acero trefilado cortado

La resistencia a la compresión de morteros con adición de 30% de fibra de acero trefilado cortado, se obtiene como resultados promedios de 310.084 kg/cm² y 439.988 kg/cm² mostrados en las tablas 29 y 30.

Tabla 29

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 30%, tiempo de curado 14 días

Morteros con 30 % de fibra de acero cortado			
Nº	P (kg)	A (cm ²)	f'm= (kg/cm ²)
M1	8672	26.73	324.43
M2	8689	27.09	320.75
M3	7565	27.04	279.77
M4	7611	27.41	277.67
M5	9568	27.51	347.8
Promedio			310.084

Tabla 30

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 30%, tiempo de curado 21 días

Morteros con 30 % de fibra de acero cortado			
N°	P (kg)	A (cm²)	f'm= (kg/cm²)
M6	11032	27.04	407.99
M7	11900	27.35	435.1
M8	12278	26.52	462.97
M9	11662	26.57	438.92
M10	12375	27.2	454.96
Promedio			439.988

2.12.6. Morteros adicionados con 65% de fibra de acero trefilado cortado

Los morteros con adición de fibra de acero trefilado cortado en un porcentaje de 65%, tiene como resultado promedio de 319.00 kg/cm² y 450.486 kg/cm², indicadas en las tablas 31 y 32.

Tabla 31

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 65%, tiempo de curado 14 días

Morteros con 65 % de fibra de acero cortado			
N°	P (kg)	A (cm²)	f'm= (kg/cm²)
M1	7977	26.78	297.87
M2	8832	27.09	326.02
M3	8570	26.99	317.53
M4	8932	26.63	335.41
M5	8741	27.09	322.67
Promedio			319.90

Tabla 32

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 65%, tiempo de curado 21 días

Morteros con 65 % de fibra de acero cortado			
N°	P (kg)	A (cm²)	f'm= (kg/cm²)
M6	11457	27.09	422.92
M7	12382	26.99	458.76
M8	13219	26.94	490.68
M9	11678	27.04	431.88
M10	12164	27.14	448.19
Promedio			450.486

2.12.7. Morteros adicionados con 100% de fibra de acero trefilado cortado

Utilizando un porcentaje de 100% de fibra de acero trefilado cortado obtenemos como resultado una resistencia a la compresión promedio de 332.842 kg/cm² y 482.60 kg/cm² como se muestra en las tablas 33 y 34.

Tabla 33

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 14 días

Morteros con 100 % de fibra de acero cortado			
Nº	P (kg)	A (cm²)	f'm= (kg/cm²)
M1	8913	26.99	330.23
M2	9492	26.99	351.69
M3	8580	26.94	318.49
M4	8232	26.88	306.25
M5	9593	26.83	357.55
Promedio			332.842

Tabla 34

f'm de morteros con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 21 días

Morteros con 100 % de fibra de acero cortado			
Nº	P (kg)	A (cm²)	f'm= (kg/cm²)
M6	12327	26.94	457.57
M7	13546	26.99	501.89
M8	13969	26.99	517.56
M9	12864	26.94	477.51
M10	12401	27.04	458.62
Promedio			482.63

2.12.8. Comparación de resistencia a compresión de morteros

A continuación, se compara los resultados de la resistencia a la compresión de los morteros patrón con los resultados de la resistencia a compresión de los morteros adicionados con diferentes porcentajes de fibra de acero trefilado.

En la tabla 35 se compara la resistencia a compresión del mortero patrón con la adición de 30% de fibra de acero trefilado, donde aumento su resistencia en un 37%.

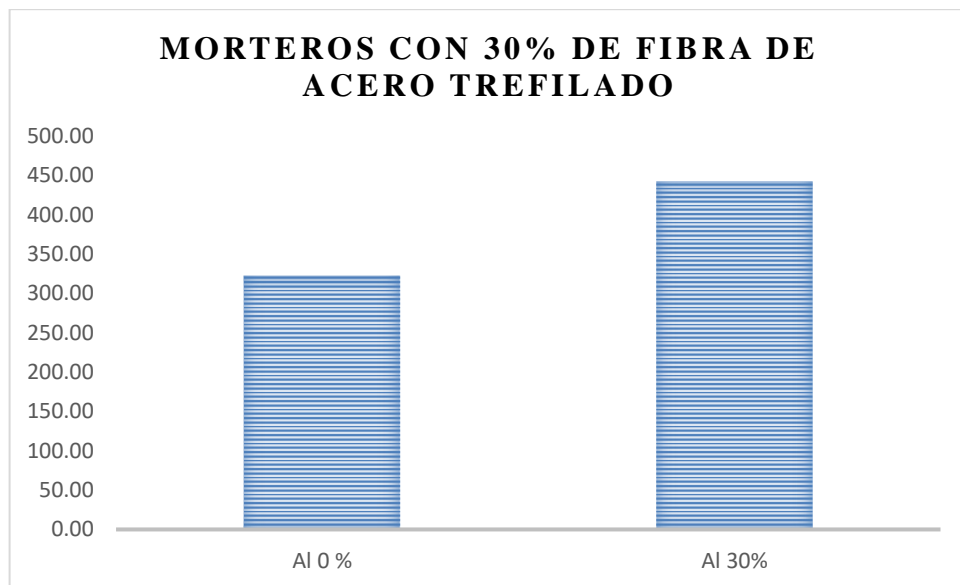
Tabla 35

Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado.

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 30%
322.69	442.32
f'm	

En el gráfico 2 se muestra mediante barras el incremento de la resistencia del mortero patrón con el adicionado a un 30%.

Gráfico 2: Resistencia de los morteros añadido el 30 % de fibra de acero trefilado



La resistencia a compresión entre el mortero patrón y el adicionado a un 65% aumento en un 69% como se muestra en la tabla 36.

Tabla 36

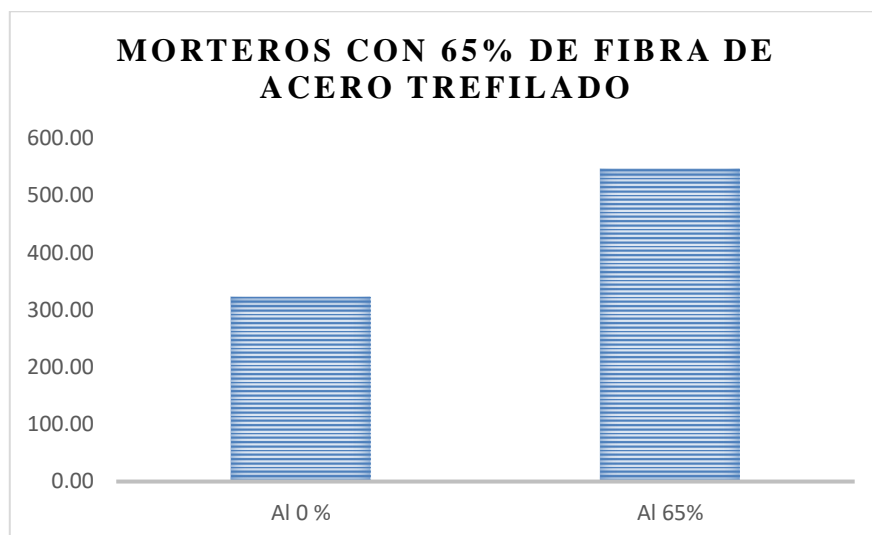
Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado.

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 65%
322.69	546.34

$f'm$

En el gráfico siguiente se muestra el aumento del mortero patrón con el adicionado en 65% de fibra de acero trefilado.

Gráfico 3: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado



Al comparar los resultados del mortero patrón con el adicionado al 100%, este aumento en un 50% como se muestra en la tabla 37.

Tabla 37

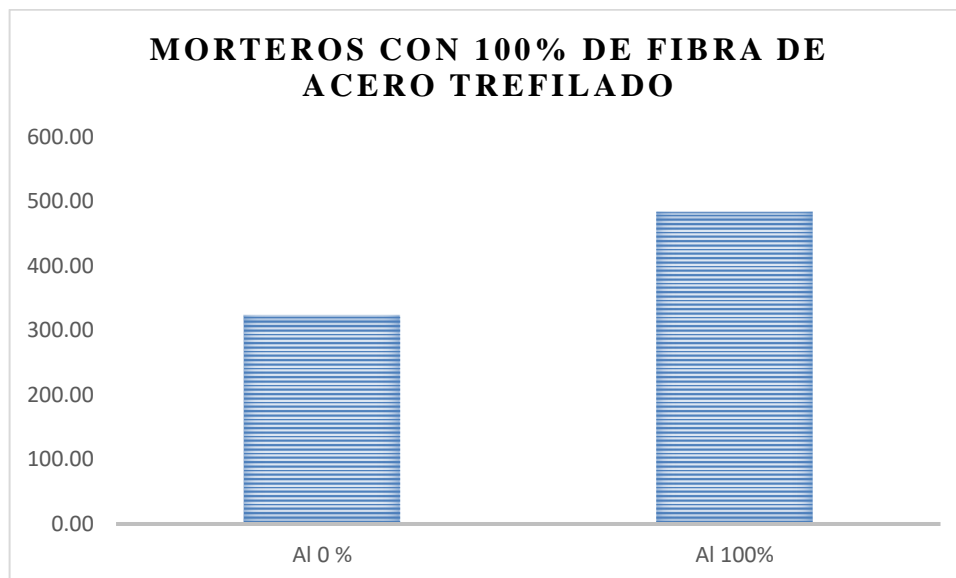
Resistencia de morteros con 0% y 100% de fibra de acero trefilado

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 100%
322.69	483.14

$f'm$

En el gráfico que se muestra a continuación se muestra el aumento del mortero patrón con el adicionado en un 100%.

Gráfico 4: Resistencia de los morteros añadido el 100 % de fibra de acero trefilado.



Las tablas y gráficos que se muestran a continuación contienen la comparación de resistencia a la compresión de los morteros patrón con los diferentes porcentajes adicionados de fibra de acero trefilado cortado.

La tabla 38 presenta la comparación de la resistencia a compresión de morteros patrón con los resultados de la resistencia a compresión de morteros adicionados a un 30% de fibra de acero trefilado cortado, donde ha aumentado en un 36%.

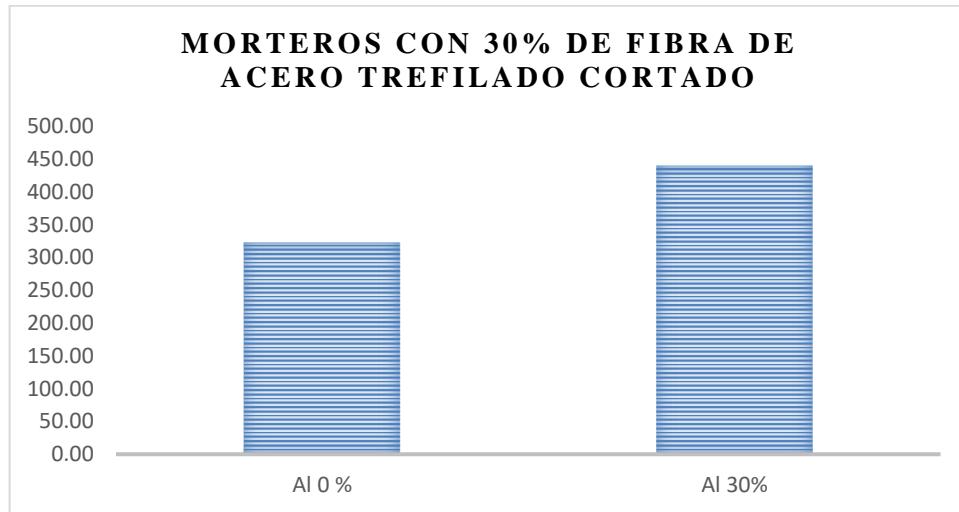
Tabla 38

Resistencia de morteros con 0% y 30% de fibra de acero trefilado cortado

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 30%
322.69	439.99
f'm	

El gráfico 5 muestra la comparación de los resultados obtenidos en el ensayo de los morteros patrón con los resultados obtenidos en el ensayo de los morteros adicionados en un 30%, demostrando el incremento en un 36% de su resistencia.

Gráfico 5: Resistencia de los morteros añadido el 30 % de fibra de acero trefilado cortado.



Se tiene un incremento de resistencia a la compresión de un 40%, con respecto al mortero patrón y al mortero adicionado en 65% de fibra de acero trefilado cortado, como se muestra en la tabla 39.

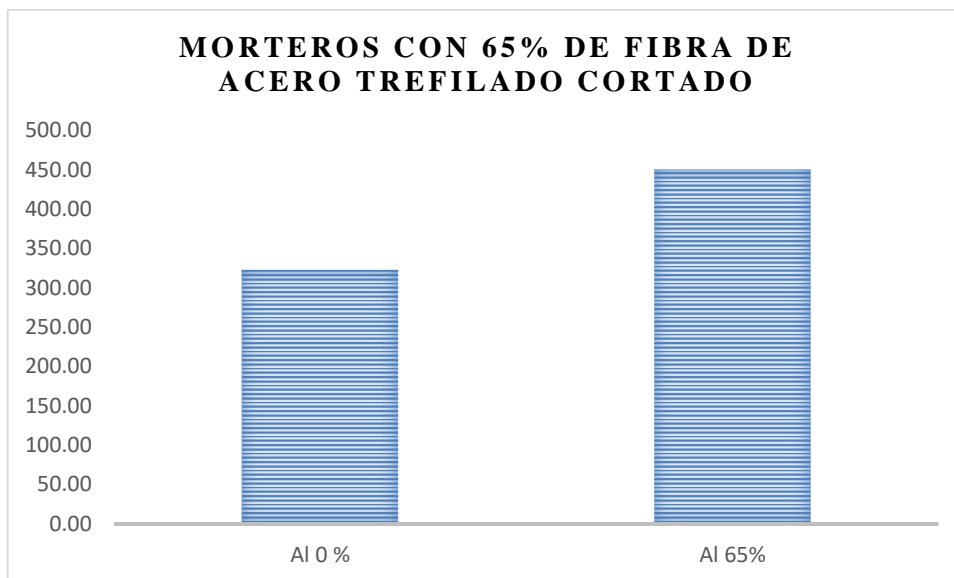
Tabla 39

Resistencia de morteros con 0% y 65% de fibra de acero trefilado cortado.

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 65%
322.69	450.49
f'm	

El gráfico 6 se muestra los resultados obtenidos de la resistencia a compresión de los morteros patrón comparado con los morteros adicionados en un 65% y el incremento de su resistencia en un 40%.

Gráfico 6: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado



La tabla 40 muestra la comparación del mortero adicionado en 100% de fibra de acero trefilado cortado, con el de 0% demostrándose un incremento de su resistencia en un 50%.

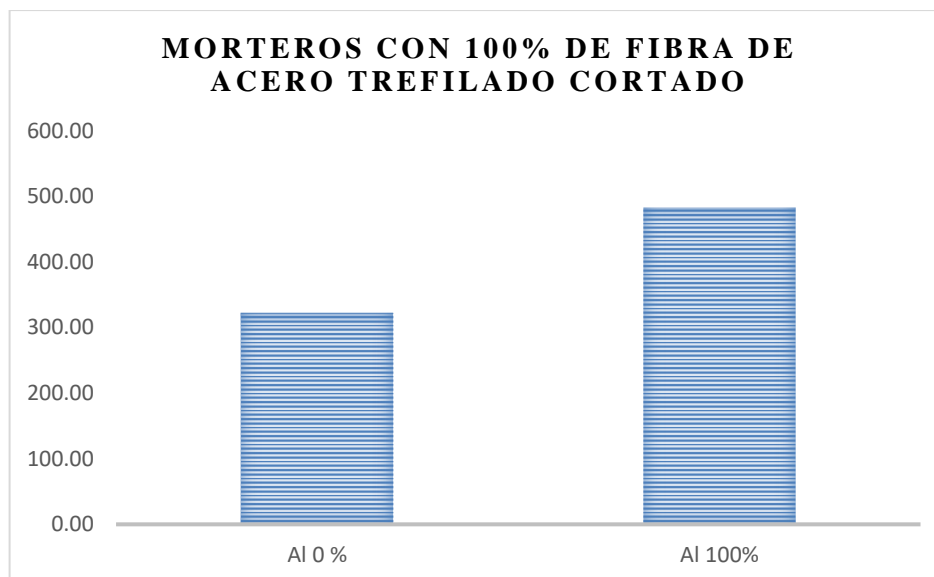
Tabla 40

Resistencia de morteros con 0% y 100% de fibra de acero trefilado cortado

Cubos a los 28 días de curado	
Al 0 %	Al 100%
322.69	482.63
f'm	

Mediante un gráfico de barras se demuestra el incremento de 50% en su resistencia a la compresión del mortero patrón comparado con el mortero adicionado en un 100% de fibra de acero trefilado cortado, gráfico 7.

Gráfico 7: Resistencia de los morteros añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado



2.13. Resistencia a la compresión de pilas de albañilería

2.13.1. Pilas con mortero sin adición

Tabla 41:

f'm de pilas sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería sin aditivo, tiempo de curado 14 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	9075	264.26	34.34	0.826	28.36					
M2	7665	263.87	29.05	0.832	24.17					
M3	6691	268.37	24.93	0.826	20.59					
M4	9036	265.38	34.05	0.834	28.4	24.303	4.638	19.666	19.082	21.632
M5	9221	270.94	34.03	0.828	28.18					
M6	5294	266.27	19.88	0.811	16.12					

Tabla 42

f'm de pilas sin fibra de acero trefilado, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería sin aditivo, tiempo de curado 21 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	6976.00	260.87	26.74	0.839	22.43					
M8	7523.00	266.49	28.23	0.834	23.54					
M9	4730.00	261.56	18.08	0.825	14.92					
M10	8034.00	259.28	30.99	0.842	26.09	22.273	3.683	18.590	16.537	18.590
M11	8239.00	269.42	30.58	0.832	25.44					
M12	6865.00	268.94	25.53	0.831	21.22					

2.13.2. Pilas con mortero adicionados al 30% de fibra de acero trefilado.

Las tablas 43 y 44 contienen resumen de la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con adición de fibras de acero trefilado al 30%.

Tabla 43

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 14 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	7432	265.76	27.97	0.822	22.99					
M2	7879	262.79	29.98	0.822	24.64					
M3	14990	257.98	58.10	0.838	48.69					
M4	9848	253.11	38.91	0.836	32.53	33.797	10.543	23.254	31.196	25.911
M5	8508	265.77	32.01	0.825	26.41					
M6	15250	264.43	57.67	0.824	47.52					

Tabla 44

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 21 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 30%, tiempo de curado 21 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	9659	266.89	36.19	0.819	29.64					
M8	9197	250.65	36.69	0.846	31.04					
M9	8575	260.10	32.97	0.83	27.37					
M10	10252	275.05	37.27	0.825	30.75	30.835	2.098	28.737	6.804	29.147
M11	10047	246.10	40.82	0.839	34.25					
M12	10665	273.93	38.93	0.821	31.96					

2.13.3. Pilas con mortero adicionados al 65% de fibra de acero trefilado.

En la tabla 45 se muestra la resistencia a la compresión de pilas de albañilería de las muestras cuyo tiempo de curado es 14 días y en la tabla 46 de los siguientes la resistencia a la compresión de pilas de albañilería de las muestras cuyo tiempo de curado es 21 días

Tabla 45

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 14 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	7479	264.97	28.23	0.823	23.23					
M2	12478	268.16	46.53	0.819	38.11					
M3	12535	258.19	48.55	0.721	35					
M4	13834	267.61	51.69	0.815	42.13	32.51	6.982	25.528	21.478	28.445
M5	10553	264.37	39.92	0.822	32.81					
M6	8214	281.46	29.18	0.815	23.78					

Tabla 46

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 21 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 65%, tiempo de curado 21 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	8018	260.38	30.79	0.825	25.4					
M8	5232	262.33	19.94	0.822	16.39					
M9	5232	262.80	19.91	0.82	16.33					
M10	7344	262.00	28.03	0.823	23.07	23.673	5.816	17.857	24.569	18.112
M11	10283	269.83	38.11	0.821	31.29					
M12	9647	266.01	36.27	0.815	29.56					

2.13.4. Pilas con mortero adicionados al 100% de fibra de acero trefilado.

En la tabla 47 y 48 se muestra el resumen de la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con adición de fibra de acero trefilado al 100%.

Tabla 47

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 14 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	5682	262.22	21.67	0.827	17.92					
M2	4617	266.05	17.35	0.825	14.31					
M3	4215	261.54	16.12	0.823	13.27					
M4	4684	265.47	17.64	0.83	14.64	15.658	3.964	11.694	25.316	13.031
M5	3374	262.61	12.85	0.831	10.68					
M6	7304	260.48	28.04	0.825	23.13					

Tabla 48

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 21 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado sin cortar al 100%, tiempo de curado 21 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	8039	259.41	30.99	0.824	25.54					
M8	6762	263.74	25.64	0.821	21.05					
M9	9328	257.12	36.28	0.83	30.11					
M10	10127	258.96	39.11	0.831	32.5	25.827	6.033	19.794	23.358	20.077
M11	9717	264.03	36.80	0.828	30.47					
M12	4692	256.52	18.29	0.836	15.29					

2.13.5. Pilas con mortero adicionados al 30% de fibra de acero trefilado cortadas

De los resultados obtenidos en gabinete se muestra el resumen de la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado a un 30%, tablas 49 y 50.

Tabla 49

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 30%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 30%, tiempo de curado 14 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	8267	276.35	29.91	0.817	24.44					
M2	8273	275.30	30.05	0.815	24.49					
M3	8608	270.10	31.87	0.813	25.91	25.382	0.893	24.489	3.516	26.938
M4	8605	269.23	31.96	0.817	26.11					
M5	8060	269.25	29.94	0.823	24.64					
M6	8625	263.60	32.72	0.816	26.7					

Tabla 50

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado adicionado al 65%, tiempo de curado 21 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 30%, tiempo de curado 21 días										
Nº	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	10036	276.63	36.28	0.811	29.42					
M8	10024	269.55	37.19	0.812	30.2					
M9	9876	267.27	36.95	0.819	30.26	29.542	0.974	28.567	3.298	28.567
M10	9888	265.20	37.29	0.82	30.58					
M11	9286	272.41	34.09	0.812	27.68					
M12	9397	266.95	35.20	0.827	29.11					

2.13.6. Pilas con mortero adicionados al 65% de fibra de acero trefilado cortadas

Las tablas 51 y 52 contienen el resumen de la resistencia a la compresión de pilas de albañilería adicionado en un 65% de fibra de acero trefilado cortado.

Tabla 51

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 14 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	8829	267.59	32.99	0.817	26.95					
M2	8791	268.48	32.74	0.817	26.75					
M3	9592	268.94	35.67	0.818	29.18					
M4	8277	268.07	30.88	0.818	25.26	27.813	1.615	26.198	5.807	28.818
M5	9566	269.94	35.44	0.814	28.85					
M6	9984	272.15	36.68	0.815	29.89					

Tabla 52

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 21 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 65%, tiempo de curado 21 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	11113	268.46	41.40	0.817	33.82					
M8	11323	271.36	41.73	0.815	34.01					
M9	12728	267.05	47.66	0.816	38.89					
M10	11466	271.16	42.29	0.816	34.51	33.5	3.083	30.417	9.202	30.417
M11	9838	272.69	36.08	0.815	29.41					
M12	10093	270.57	37.30	0.814	30.36					

2.13.7. Pilas con mortero adicionados al 100% de fibra de acero trefilado cortadas

Las siguientes tablas se muestra el resumen de la resistencia de pilas de albañilería adicionado en un 100% de fibra de acero trefilado cortado.

Tabla 53

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 100%, tiempo de curado 14 días

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 100%, tiempo de curado 14 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M1	9826	276.26	35.57	0.812	28.88					
M2	9862	268.24	36.77	0.816	30.00					
M3	10133	271.38	37.34	0.81	30.25					
M4	9722	272.47	35.68	0.813	29.01	29.803	0.749	29.055	2.512	31.960
M5	10403	273.17	38.08	0.816	31.07					
M6	9742	267.21	36.46	0.812	29.61					

Tabla 54

f'm de pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado al 100%, tiempo de curado 14 días.

Pilas de albañilería con fibra de acero trefilado cortado adicionado al 100%, tiempo de curado 14 días										
N°	P	A	f'm	CC	f'm corregido	f'b Promedio	σ	f'm	CV	F. incremento
M7	11852	272.06	43.56	0.813	35.41					
M8	11793	266.92	44.18	0.816	36.05					
M9	11531	265.63	43.41	0.818	35.51					
M10	12135	268.29	45.23	0.813	36.77	35.61	0.742	34.868	2.084	34.868
M11	11699	266.67	43.87	0.812	35.62					
M12	11065	263.57	41.98	0.817	34.3					

2.13.8. Comparación de resistencia a compresión de pilas

En la tabla 55 se compara los resultados de las pilas de albañilería patrón con los resultados de pilas con morteros adicionado en un 30% de fibra de acero trefilado, donde ha aumentado en un 37%.

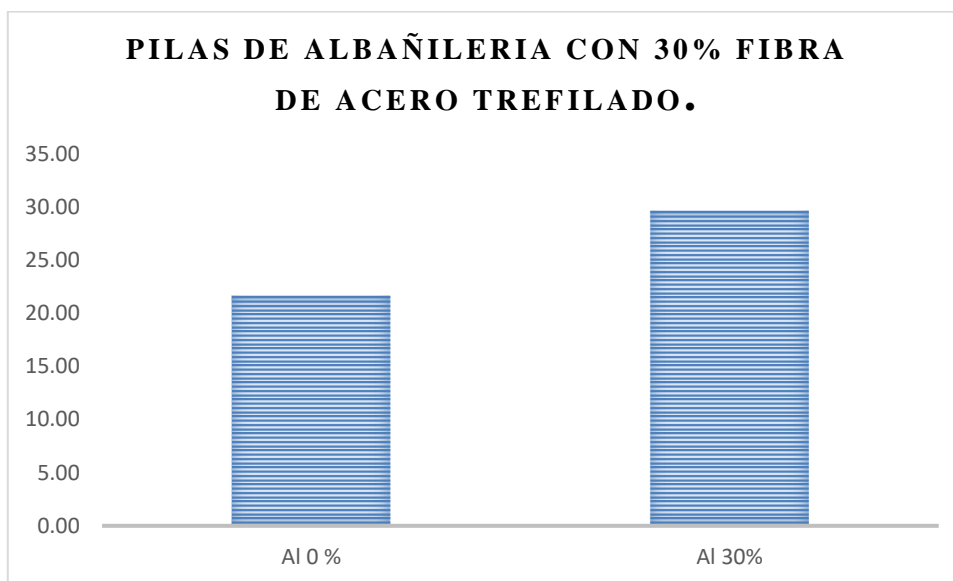
Tabla 55

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 30% de fibra de acero trefilado

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
Al 0 %	Al 30%
21.63	29.61
f'm	

Mediante un Gráfico de barras se demuestra el incremento de 37% de resistencia a las pilas de albañilería con fibra de acero trefilado en un 30% respecto las pilas con mortero patrón, gráfico 8.

Gráfico 8: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 30 % de fibra de acero trefilado



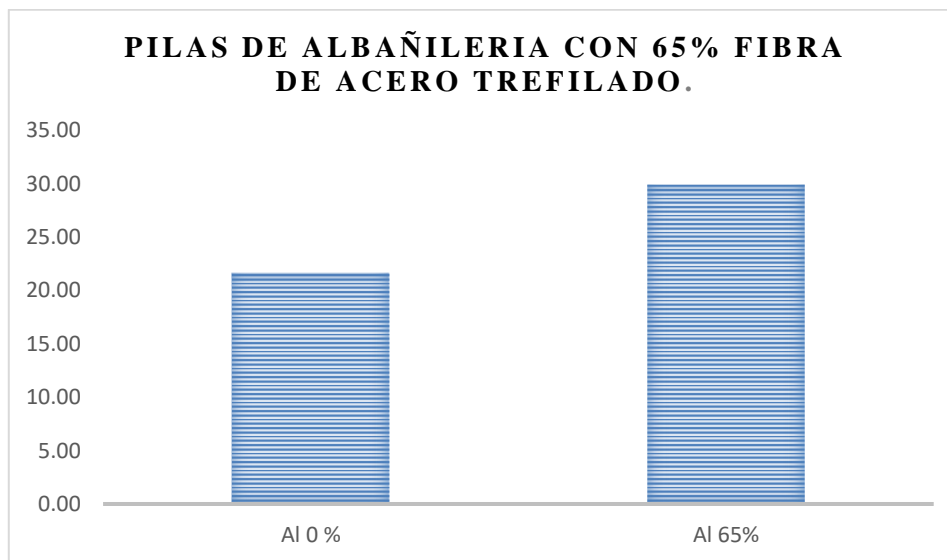
Se comparó la resistencia a compresión de pilas de albañilería cuyo mortero estaba adicionado con fibra de acero trefilado al 65% con el de pilas con mortero patrón, aumentando en un 38 % su resistencia, indicada en la tabla 56

Tabla 56

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 65% de fibra de acero trefilado

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
Al 0 %	Al 65%
21.63	29.92
f'm	

Gráfico 9: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 65 % de fibra de acero trefilado



Se compara la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con mortero patrón con las pilas con mortero adicionado en un 100% de fibras de acero trefilado, disminuyendo en un 3% como se muestra en la tabla 57.

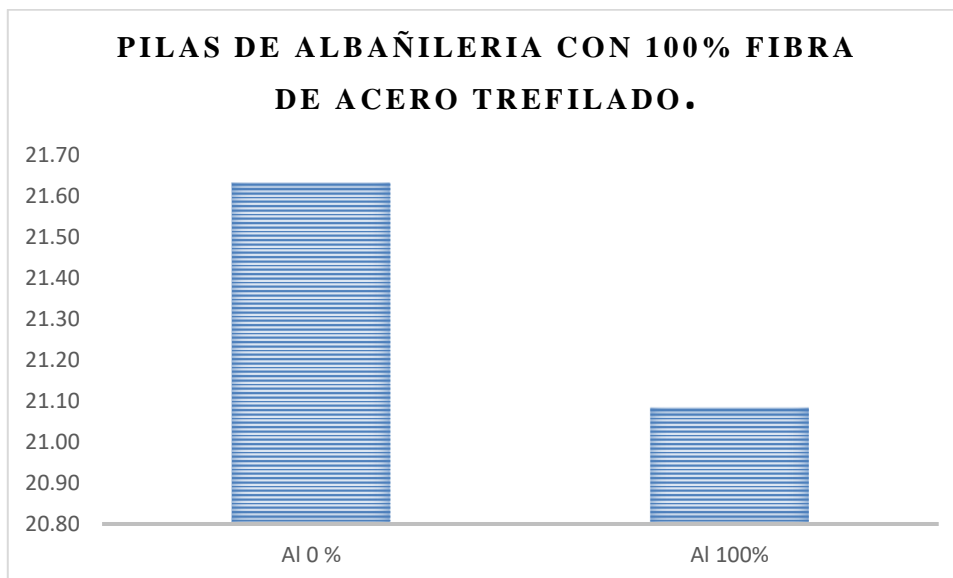
Tabla 57

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 100% de fibra de acero trefilado

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
AI 0 %	AI 100%
21.63	21.08
f'm	

En el gráfico 10 se demuestra, que las pilas de albañilería con mortero patrón tienen mayor resistencia en un 3% más que las pilas cuyo mortero esta adicionado en un 100% de fibra de acero trefilado.

Gráfico 10: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 100 % de fibra de acero trefilado.



Se compara la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con mortero patrón con las pilas adicionadas con 30% de fibra de acero trefilado cortado, aumentando en un 32 %, como se muestra en la tabla 58.

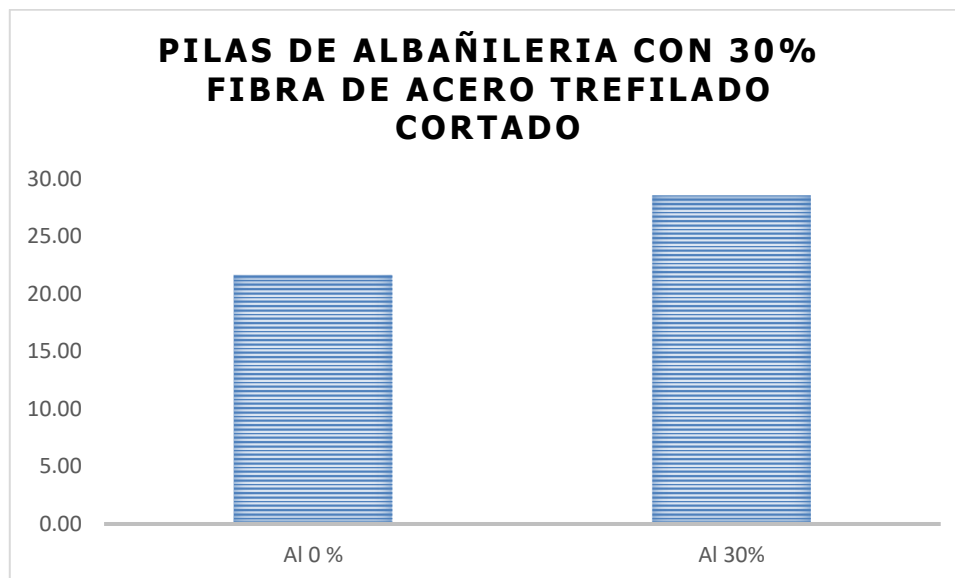
Tabla 58

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 30% de fibra de acero trefilado cortado

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
Al 0 %	Al 30%
21.63	28.57
f'm	

En el gráfico 10 se demuestra el incremento de un 32% de resistencia a la compresión de pilas de albañilería con morteros adicionados con fibra de acero trefilado cortado en un 30% comparado con el de pilas con mortero patrón.

Gráfico 11: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 30 % de fibra de acero trefilado cortado.



La tabla 59 se compara la resistencia a la compresión de pilas de albañilería con mortero adicionado en un 65% de fibra de acero trefilado cortado, con las pilas de mortero patrón teniendo un aumento de 41%.

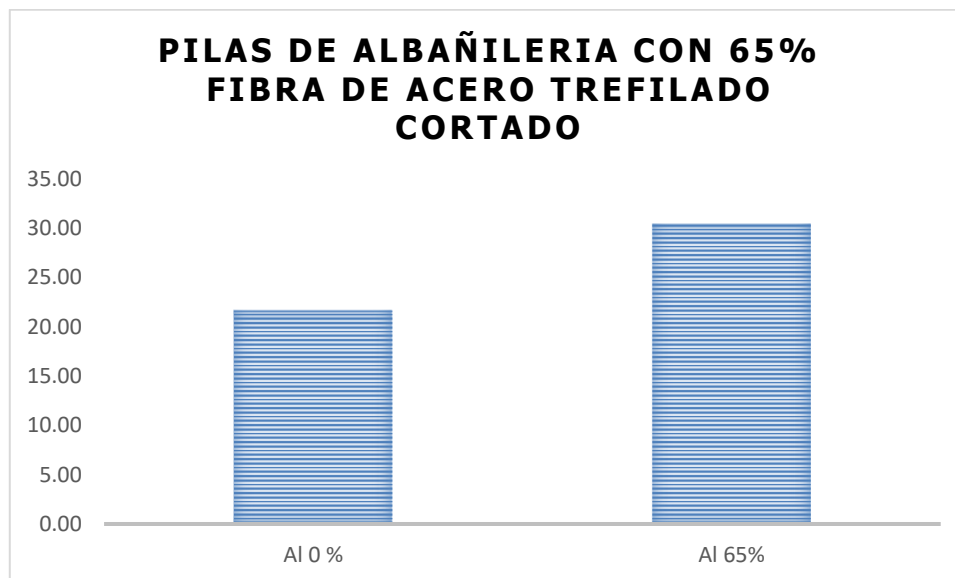
Tabla 59

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 65% de fibra de acero trefilado cortado.

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
Al 0 %	Al 65%
21.63	30.42
f'm	

A continuación, se demuestra mediante un gráfico de barras el incremento de 41% de resistencia, de las pilas de albañilería con mortero adicionado en un 65% de fibra de acero trefilado cortado comparadas con las pilas con mortero patrón.

Gráfico 12: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 65 % de fibra de acero trefilado cortado.



Se compara en la tabla 60 la resistencia a la compresión de pilas de albañilería cuyo mortero esta adicionado en un 100% de fibras de acero trefilado cortado con las pilas con mortero patrón, aumentando en un 61% su resistencia a la compresión axial.

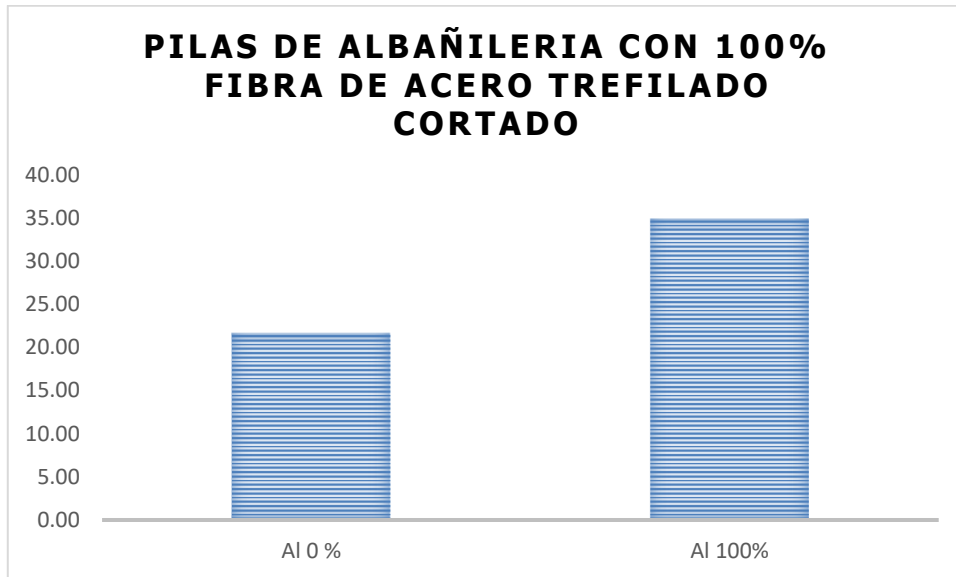
Tabla 60

Resistencia de pilas de albañilería con 0% y 100% de fibra de acero trefilado cortado

Pilas de albañilería a los 21 días de curado	
Al 0 %	Al 100%
21.63	34.87
f'm	

En el gráfico 13 se muestra el incremento de las pilas de albañilería con mortero adicionado en un 100% de fibras de acero trefilado cortado, con las pilas con mortero patrón, donde aumento en un 61% su resistencia.

Gráfico 13: Resistencia de las pilas de albañilería añadido el 100 % de fibra de acero trefilado cortado



CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

3.1. Discusión

- En la curva granulometría de la arena gruesa para ser empleada dentro del mortero, se encontró dentro de los límites y con un módulo de Finura de 2.48 encontrándose entre 1.6 y 2.5 que son los límites permisibles según la norma E070 de albañilería.
- El contenido de humedad de arena gruesa de río para ser empleado en el diseño se encuentra dentro de los límites con un contenido de humedad de 5.01 %.
- De acuerdo con la tabla 9 de peso específico y absorción para el diseño se obtiene los siguientes resultados: peso específico (base seca): 1.37 gr/cm³, peso específico (base saturada) 1.41 gr/cm³, peso aparente (base seca): 1.43 gr/cm³ y absorción: 2.95 % estado en los límites permisibles según el ingeniero Sánchez de Guzmán en su libro diseño de mortero de cemento portland.
- Teniendo en cuenta que se usó un cemento portland tipo I, se obtuvo como peso específico 3.15 gr/cm³ según la tabla 10, estando en los rangos de un cemento sin adición de 3.10 gr/cm³ a 3.15 gr/cm³.
- En base a los resultados obtenidos en la tabla 11 se obtiene una fluidez de morteros plástica con una relación de agua cemento de 0.38, lo cual cumple para el diseño de morteros de muros portantes.
- De acuerdo con la clasificación del ladrillo según la Norma Técnica E.070, los resultados obtenidos de los ensayos de la tabla N 14, 15, 16, 17 y 18. Se determinó que, debido a la variación de la dimensión, clasificamos al ladrillo de arcilla artesanal, en tipo II. De acuerdo a su alabeo, clasificamos al ladrillo de arcilla artesanal en un tipo V. Pero teniendo en cuenta que la resistencia a compresión es el valor más relevante para definir su clasificación, denominamos al ladrillo de arcilla artesanal en un tipo I.

- La resistencia a compresión de las unidades de albañilería (Tabla 18), el ladrillo de arcilla artesanal, aunque su resistencia fue menor, asimismo su desviación estándar
- cumplió con un valor menor a 10, siendo una unidad idónea para emplear.
- En la tesis “Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 m.s.n.m.” de Noelia Mosquera y José Remuzgo indicaron que la fibra de acero afecta la resistencia a la compresión en concreto entre un 7.77% y 8.55% del concreto sin fibra; lo cual esto influyo en nuestros resultados con respecto a los morteros obteniendo valor similares y mayores.
- En la tabla 21 y 22, clasificó por su resistencia mayor a 125 Kg/cm² en un Tipo I a los morteros según la norma mexicana NMX-C-486 de mortero para uso estructural.
- Se muestra en los gráficos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, que las resistencias aumentaron tanto al añadir fibra de acero trefilado sin cortar y cortado dentro del mortero. Esto se debe a que la fibra de acero mejoró el contenido de aire, mejorando así las propiedades del mortero.
- En base a los resultados obtenidos de las f^m de las pilas de albañilería artesanal, se analizó que la resistencia a la compresión aumenta al adicionar fibra de acero trefilado sin cortar cumplimiento así con la hipótesis planteada, pero esto solo hasta el porcentaje del 65% ; ya que al adicionar el 100% de fibra de acero trefilado no es muy trabajable y en dónde disminuyo la influencia del comportamiento del cemento y la arena encontrándose que no aumenta debido a que no hay mucha adherencia; en cambio al adicionar fibra de acero trefilado cortado la hipótesis se cumple en su totalidad.

- Se observó que el modelo de falla fue grietas que iniciaban en el centro o extremos de las pilas llegando a romperse primero el ladrillo y eso se debió a que el ladrillo es menos resistente que el mortero.
- Comparando los resultados obtenidos a lo largo de esta investigación con lo que se concluye en el estudio de hormigones reforzados con fibra de acero, realizado por el Dr. Ing Fernandez Canovas de construcciones IETcc, se coincide con la aseerción de que al aplicar fibra de acero como adición al mortero mejora la resistencia a la compresión en un 30%, aunque se debe tener en cuenta la cantidad al agregar de esta, ya que en grandes cantidades en vez de ser una propuesta de mejora puede ser contraproducente ya que al agregar el 100% de fibra de acero trefilado la resistencia disminuye y no presenta la adherencia adecuada, lo cual esto ocurrió con las pilas de albañilería de acero trefilado sin cortar con adición del 100%.
- En tanto al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los que se obtuvo en la tesis doctoral: “Fluencia a flexión del hormigón reforzado con fibras de acero (SFRC) en estado fisurado”, de Samuel Arango se verifica que efectivamente las fibras de acero mejoran las propiedades físico mecánicas del concreto tal como fue demostrado al desarrollar esta investigación, el autor citado afirma también que al adicionar fibras de acero la resistencia a compresión se incrementa en un 80% y 95%, cabe recalcar que en la referencia para alcanzar dicho porcentaje utilizaron diferentes tipos de cemento mientras que en el presente se realizó del cemento tipo I.
- Se recomienda continuar con la investigación determinando que otra variable puede intervenir en el aumento de la resistencia a compresión. Teniendo en cuenta un diferente espesor de mortero, tipo de cemento, curado (14 y 21 días), unidades de

albañilería de otras canteras y dosificaciones. Asimismo, hacer muretes para realizar el ensayo de corte (V_m) para medir la adherencia entre el ladrillo y el mortero.

- Se recomienda trabajar con dosificaciones de acero trefilado cortado o sin cortar menor para obtener mejor trabajabilidad y adherencia a la pila de albañilería.
- Una limitación presente para el desarrollo de esta investigación fue la disponibilidad de la fibra, ya que se tiene que pedir con un mes de anticipación, convirtiéndose así en una alternativa poco aplicable para un proyecto de construcción real de no preverse con el tiempo adecuado.

3.2. Conclusiones

- Al realizar las pilas de albañilería con morteros reforzados se logró cumplir con el objetivo principal de la presente investigación: determinar las propiedades físico – mecánicas en morteros para muros portantes, utilizando fibras de acero trefilado, cumple parcialmente en las mezclas de 2:8 con fibra de acero trefilado sin cortar al 30% ya que su resistencia aumenta en un 37 % mientras que en la dosificación con el 65 % aumenta en un 38%. A diferencia de la dosificación de 100% de acero trefilado ya que esta no es muy trabajable donde esta pierde mayor adherencia y a la vez resistencia; en cambio al adicionar fibra de acero trefilado cortado cumple en su totalidad.
- La resistencia a compresión de los morteros sin aditivo a una dosificación de 1:2.8 es de 322.694 kg/cm², el de porcentaje de adición al 30% con fibra de acero trefilado es de 331.338 kg/cm², al 65 % fue de 352.58 kg/cm² y al 100% es de 333.086 kg/cm²; mientras tanto con una adición de fibra trefilado cortado al 30% se obtuvo 439.99 kg/cm², con 65% se logró 450.49 kg/cm², y al 100% se determinó 482.63 kg/cm².

- Se obtuvo resistencia de las pilas de albañilería (f'm) sin aditivo fue de 21.63 kg/cm², el que tenía porcentaje de adición de 30 % fue 29.147 kg/cm², el de 65% fue de 28.445 kg/cm² y el de 100% debido a que no se puede adherir correctamente es de 20.077 kg/cm²; seguidamente los adicionados con fibra de acero trefilado cortado al 30% es de 28.57 kg/cm², con 65% se determinó 30.42 kg/cm² y al 100% se logró 34.87 kg/cm².
- Se diseñó el mortero para muros portantes obteniendo una relación de cemento, arena gruesa de río y agua de 1 : 2.8 + 31.82 lt, estando en los rangos de morteros para muros portantes según la norma E070 de albañilería.
- Se clasificó según la Norma Técnica E.070, al ladrillo de arcilla artesanal como tipo I.

REFERENCIAS

1. 331.017., N. (1978). ELEMENTOS DE ARCILLA COCIDA. Lima , Perú: ITINTEC.
2. 399.604., N. (2013). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a compresión de prismas de albañilería. INACAL.
3. 399.613., N. (2005). NORMAS DE UNIDADES. Lima , Perú : INDECOPI.
4. 400.012., N. (2001). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado. Lima , Perú : INDECOPI.
5. Alva, J. (2016). Evaluación de la relación de los factores estructurales en la vulnerabilidad sísmica de viviendas en laderas de la urbanización Tahuantinsuyo del distrito de Independencia, Lima. Lima, Lima, Perú.
6. Bartolomé, I. Á. (2005). COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.070 ALBAÑILERÍA INFORME FINAL. Mayo, Perú: SENCICO 042-2005.
7. BARTOLOMÉ, I. Á. (2005). COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIONES E.070 ALBAÑILERÍA INFORME FINAL. MAYO, PERÚ: SENCICO. PERÚ.
8. Campo, S. E. (2010). FLUENCIA A FLEXIÓN DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO (SFRC) EN ESTADO FISURADO. Valencia, España: Universitat Politècnica de València.
9. Cánovas, D. F. (1982). HORMIGONES REFORZADOS CON FIBRA DE ACERO. Madrid, España: CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICAS - INFORMES DE LA COSNTRUCCIÓN.
10. Carrasco Huaccha, J. (2018). “INFLUENCIA A LA ADICIÓN DE FIBRAS DE PLÁSTICO Y METAL, SOBRE. Trujillo, Perú.
11. Cruz, I. R. (2010). MUROS PORTANTES. ACEROS AREQUIPA, 2.
12. DE LA CRUZ MERCADO, W. R. (2014). Repositorio de ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/239/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

13. Guzman, M. S. (2001). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. Santafé de Bogotá, Colombia : BIBLIOTECA DE LA CONSTRUCCIÓN.
14. Kuroiwa, J. (2016). Manual para la reducción del riesgo sísmico de viviendas en el Perú. MAESTRO.
15. Maximiliano Astroza I., A. S. (2014). REVISTA DE INGENIERÍA SISIMICA. CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN DE MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA PARA DISTINTOS NIVELES DE DESEMPEÑO.
16. Morante., Á. S. (2008). ESTUDIO DE LA ADHERENCIA MORTERO - LADRILLO DE. Lima, Perú: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
17. Moy Mosquera, N. C., & Remuzgo Florentino, J. M. (2013). Influencia de las fibras de acero en las propiedades del concreto en losas aligeradas a 3200 M.S.N.M. Huancayo , Perú: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ .
18. NOELIA, I. M. (2013). "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS DE ACERO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRTEO EN LOSAS ALIGERADAS A 3200 M.S.N.M. HUANCAYO, HUANCAYO, PERU.
19. PORTOCARRERO, A. A. (Diciembre de 2008). MEJORA DE LA ADHERENCIA MORTERO-LADRILLO. Lima , Perú: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ .

ANEXOS

Anexo N° 1: Fotografías



Fotografía 20: Cuarteo de la arena gruesa de río.



Fotografía 21: Tamizado de la arena gruesa de río



Fotografía 22: Taras para ser colocadas en el horno



Fotografía 23: Secado de muestra



Fotografía 24: Apasionado de muestra, para ver si esta superficialmente saturado



Fotografía 25: Peso de fiola



Fotografía 26: Medición de temperatura de la muestra en baño maría



Fotografía 27: Tomando medidas de la unidad de albañilería



Fotografía 28: Midiendo altura de agua, para succión del ladrillo



Fotografía 29: Baño maría con muestra de cemento y nafta



Fotografía 30: Mesa de Flujo



Fotografía 31: Mezcla al retirar el molde



Fotografía 32: Enrasado de mezcla de agua con cemento



Fotografía 33: Succión de agua del ladrillo de arcilla



Fotografía 34: Secado de unidades de albañilería en horno



Fotografía 35: Unidades de albañilería saturados en agua durante 24 horas



Fotografía 36: Cubos de mortero en relación 1:2.8



Fotografía 37: Morteros con fibra de acero trefilado luego de ser aplicados a compresión

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.



Fotografía 38: Elaboración de pilas de albañilería en relación 1:2.8



Fotografía 39: Pila de albañilería con fibra de acero trefilado cortado, siendo aplicado a compresión

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

Anexo N° 2: Ficha técnica del cemento Portland Tipo I

FICHA TÉCNICA APROBADA

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIEN

Denominación del Bien	: CEMENTOS PORTLAND TIPO I
Denominación Técnica	: CEMENTOS PORTLAND TIPO I
Unidad de medida	: BOLSA
Descripción General	: Cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda. Cemento Portland Tipo I para uso general que no requiera propiedades especiales especificadas para cualquier otro tipo.

CATÁLOGO ÚNICO DE BIENES, SERVICIOS Y OBRAS - CUBSO

Segmento/Familia/Clase/Commodity	: Componentes y suministros de construcciones, estructuras y obras/ Hormigón, cemento y yeso/ Cemento y cal/ Cemento
Ítem	: CEMENTO PORTLAND TIPO I X 42.50 kg
Código	: 3011160100012771

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BIEN

A. CARACTERÍSTICAS

A.1. Adiciones y aditivos

El cemento Portland Tipo I no debe contener adiciones, excepto las señaladas en el capítulo 6 de la NTP 334.009.

B. REQUISITOS

B.1. Documentación

La comercialización del Cemento Portland Tipo I no requiere documentación específica.

B.2. Atributos del bien

El Cemento Portland Tipo I deberá cumplir lo siguiente:

Si se utiliza caliza, se permite hasta 5,0 % de caliza en masa, en cantidades tales que se cumplan con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009.

ATRIBUTO	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
QUÍMICOS		
Óxido de magnesio, (MgO), máx. %	Debe cumplir con lo indicado en la Tabla 1 - Requisitos químicos. TIPO DE CEMENTO I de la NTP de la referencia.	NTP 334.009 CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos.
Trióxido de azufre, (SO ₃), máx. %		
- Cuando (C ₃ A) ^E es 8% o menos		
- Cuando (C ₃ A) ^E es más del 8%		
Pérdida por ignición, máx. %		
Residuo insoluble, máx. %		
FÍSICOS		
Contenido de aire del mortero ^B volumen %:	Debe cumplir con lo indicado en la Tabla 3 - Requisitos físicos. TIPO DE CEMENTO I de la NTP de la referencia.	NTP 334.009 CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos.
- Máx.		

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

la Proforma de Contrato, realizando las precisiones que apliquen, entre ellos que los costos que demanden la certificación deben ser asumidos por el Contratista.

C.1 Muestreo

Se realizará de acuerdo a lo considerado en el capítulo 9 de la NTP 334.009.

C.2 Ensayos

Para determinar los requisitos establecidos en esta Ficha Técnica, se utilizarán los métodos de ensayo que se indican en la tabla 1 y tabla 3 de la NTP 334.009.

D. OTROS

D.1. Envase

El cemento será recibido en el envase original de fábrica, es decir en bolsas con un contenido neto de 42,5 kg (según apartado 14.1 de la NTP 334.009).

D.2. Rotulado

La bolsa que sirve de envase deberá incluir en el rótulo (según apartado 14.1 de la NTP 334.009):

- La palabra CEMENTO PORTLAND TIPO I.
- Nombre o marca del fabricante.
- El contenido neto del cemento, en kilogramo.
- El código de la presente Norma Técnica Peruana: NTP 334.009.

Nota: La Entidad convocante deberá indicar, en las bases y en la proforma del contrato, otra información que considere deba estar rotulada. La información adicional solicitada por la Entidad convocante no podrá modificar los atributos del bien (B.2) de la presente ficha técnica.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

ATRIBUTO	ESPECIFICACIÓN	REFERENCIA
Finura, ^c Superficie Específica, (m ² /kg) (Métodos alternativos): - Ensayo de Turbidímetro Mín - Ensayo de Permeabilidad al aire Mín	Debe cumplir con lo indicado en la Tabla 3 - Requisitos físicos. TIPO DE CEMENTO I de la NTP de la referencia.	NTP 334.009 CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos.
Expansión en autoclave, Máx., %		
Resistencia, no menor que los valores mostrados para las edades indicadas a continuación: - Resistencia a la compresión, MPa 3 días 7 días		
Tiempo de fraguado Ensayo de Vicat ^c , minutos - Tiempo de fraguado: no menor que: - Tiempo de fraguado: no mayor que:		
Nota: Las notas y observaciones de la Tabla 1 y Tabla 3 de la Referencia, son de aplicación en lo que corresponde al Cemento Portland Tipo I.		

C. CERTIFICACIÓN

Opcional

La Entidad convocante podrá exigir al Contratista que, durante la ejecución contractual y en la oportunidad que determine, realice la entrega de un "Certificado de Conformidad de Producto con Valor Oficial" (mínimo bajo esquema 3) o un "Certificado de Inspección con Valor Oficial", que confirme que el bien entregado: Cemento Portland Tipo I, cumple con las especificaciones de calidad detalladas en el numeral "B.2: Atributos del bien" de la presente ficha. Dicho documento deberá ser emitido por un Organismo de Certificación de Productos u Organismo de Inspección acreditado por el INDECOPI.

En caso no se emitan en el país los documentos antes indicados, lo cual debe ser consultado oficialmente por el Contratista al INDECOPI y cuya copia de respuesta será remitida a la Entidad convocante, el Contratista podrá presentar un "Certificado de Calidad", sin el símbolo de acreditación, que confirme que el bien entregado: Cemento Portland Tipo I cumple con las especificaciones de calidad detalladas en el numeral "B.2: Atributos del bien" de la presente ficha.

En caso no se emitan en el país los documentos previamente indicados, el Contratista podrá presentar un "Informe de Ensayo con Valor Oficial" de lote, o en su ausencia un "Informe de Ensayo" de lote sin valor oficial, emitido por un Laboratorio acreditado por el INDECOPI, en el que se informe los resultados de las pruebas realizadas al bien entregado: Cemento Portland Tipo I.

Si la Entidad decide exigir la certificación, deberá señalar esta condición en las Bases (especificaciones técnicas - requisitos técnicos mínimos) y en las cláusulas correspondientes de

Anexo N° 3: Ficha técnica SIKA FIBER CHO 65-35-NB



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFiber® CHO 65/35 NB

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

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

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

USOS

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

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

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

CERTIFICADOS / NORMAS

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

 1020
HIC Corporation 260-3, Jaingjae-ro, Hallin-myeon, Gimhae-si Gyeongsangnam, -co, Korea 11 th West, Side Road, Nan-Fu Development Area Tang Shan City, China
13 1020-CPR-010023618
EN 14889-1 Fibras de acero para uso estructural en hormigones (concreto), mortero y pastas. Grupo 1: Alambre estrado en frío Longitud: 35 mm Diámetro: 0.54 mm Forma: Deformado Resistencia a la tracción: 1300 N/mm ² Consistencia con: 19 kg/m ³ de fibras, tiempo Vebe 12 s. Efecto en la resistencia del hormigón (concreto): 19 kg/m ³ para obtener 1.5 N/mm ² a CMOD = 0.5 mm y 1 N/mm ² a CMOD = 3.5 mm.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

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

INFORMACIÓN TÉCNICA

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

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tol- va de pesado de la dosificadora de concreto, en la co- rrea de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada ca- so:

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

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técni- ca se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Se- guridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relaciona- das con la seguridad.

Propiedades físico – mecánicas en morteros con fibra de acero trefilado para muros portantes, Cajamarca.

NOTAS LEGALES

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

Hoja De Datos Del
Producto SikaFiber® C-C
GG/SG NB Mayo 2015,
Versión 01/03

3 /

CONSTRUYENDO CONFIANZA



Anexo N° 4: Protocolos de laboratorio