

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“USO DE MACRO-FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FORMA DE
AGREGADO GRUESO EN LA TENACIDAD DEL CONCRETO
FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO GU”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURAS Y MATERIALES

AUTOR:

BR. ELORREAGA PAIBA, CARLOS ALEJANDRO

BR. GONZÁLEZ SÁNCHEZ, ORLANDO DOMINGO

ASESOR:

ING. CANCINO RODAS, CÉSAR LEÓNIDAS

TRUJILLO – PERÚ

2018

JURADO DICTAMINADOR

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, aprueban la tesis desarrollada por los bachilleres **Elorreaga Paiba Carlos Alejandro y González Sánchez Orlando Domingo**, denominada:

“USO DE MACRO-FIBRAS DE POLIPROPILENO Y FORMA DE AGREGADO GRUESO EN LA TENACIDAD DEL CONCRETO FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO GU”

Ing. JORGE ANTONIO, VEGA BENITES
PRESIDENTE
N° CIP: 78666

Ing. JUAN MANUEL, URTEAGA GARCIA
SECRETARIO
N° CIP: 75985

Ing. ENRIQUE FRANCISCO, LUJAN SILVA
VOCAL
N° CIP: 54460

Ing. CESAR LEONIDAS, CANCINO RODAS
ASESOR
N° CIP: 77103

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mis padres,
a todos aquellos que nos apoyaron
durante la ejecución de esta investigación
y para a las futuras generaciones
que les sirva de inspiración.

Orlando Domingo, González Sánchez

A mi Mamá, a mis hermanos
por todo el apoyo brindado
durante esta investigación.

Carlos Alejandro, Elorreaga Paiba

AGRADECIMIENTO

A nuestras familias por sus consejos y palabras de aliento desde el primer día de nuestra etapa universitaria; al Ingeniero Gerardo Arteaga Cuba, al Ingeniero Iván Vázquez y a nuestro asesor el Ingeniero Cesar Cancino Rodas, por todos los sabios consejos y apoyo en el desarrollo de esta investigación. Agradecemos también al personal y compañeros de laboratorio que nos brindaron su apoyo durante la ejecución de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

JURADO DICTAMINADOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE FOTOS	viii
ABSTRACT	x
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCION	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema	2
1.3. Justificación de la Investigación	2
1.4. Limitaciones de la Investigación	3
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
2. MARCO TEORICO	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Fundamentación Teórica	8
2.3. Definición de Términos Básicos	11
3. HIPOTESIS Y VARIABLES	13
3.1. Formulación de la Hipótesis	13
3.2. Variables	13
3.2.1. Variables Independientes	13
3.2.2. Variable Dependiente	13
3.3. Operacionalización de Variables	13

CAPITULO II	14
1. MATERIALES Y METODOS	14
1.1. MATERIALES	14
1.1.1. Muestra	14
1.2. MÉTODOS	15
1.2.1. Tipo de Investigación	15
1.2.2. Materiales para las mezclas de concreto	16
1.2.2.1. Caracterización de los Agregados	16
1.2.3. Preparación de las Probetas	16
1.2.4. Ensayo de Tenacidad	17
1.2.4.1 Aparatos	17
1.2.4.2 Elementos de lectura y adquisición de datos	18
1.2.4.3 Procedimiento de ensayo	20
1.2.4.4 Expresión de resultados	21
CAPITULO III	23
1. RESULTADOS	23
1.1. Presentación de Datos	23
2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	35
2.1. Análisis e Interpretación de Datos	35
CAPITULO IV	40
1. CONCLUSIONES	40
2. RECOMENDACIONES	40
3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Operacionalización de variables	17
Tabla N° 2: Codificación para cada grupo de Probetas de ensayo	19
Tabla N° 3: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo A ...23	
Tabla N° 4: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo B ...24	
Tabla N° 5: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo C ...24	
Tabla N° 6: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo D ...25	
Tabla N° 7: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo E ...25	
Tabla N° 8: Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. Grupo F ...26	
Tabla N° 9: Valores de Tenacidad. Grupo A	30
Tabla N° 10: Valores de Tenacidad. Grupo B	30
Tabla N° 11: Valores de Tenacidad. Grupo C	30
Tabla N° 12: Valores de Tenacidad. Grupo D	31
Tabla N° 13: Valores de Tenacidad. Grupo E	31
Tabla N° 14: Valores de Tenacidad. Grupo F	31
Tabla N° 15: Características físicas del Agregado Grueso	43
Tabla N° 16: Características físicas del Agregado Fino	43
Tabla N° 17: Granulometría del agregado de forma Angular	46
Tabla N° 18: Granulometría del agregado de forma Angular	48
Tabla N° 19: Granulometría del agregado de forma Angular	50
Tabla N° 20: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo A	51
Tabla N° 21: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo B	51
Tabla N° 22: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo C	51
Tabla N° 23: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo D	52
Tabla N° 24: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo E	52
Tabla N° 25: Dosificación en peso por metro cubico de concreto. Grupo F	52
Tabla N° 26: Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla. Grupos A, B y C	53
Tabla N° 27: Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla. Grupos D, E y F	53
Tabla N° 28: Resumen de las propiedades de los diseños de concreto	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. N° 1: Comportamiento típico de la curva Esfuerzo-Deformación del concreto reforzado con fibras y no reforzado.....	8
Fig. N° 2: Efecto de la forma de la fibra en el comportamiento de la curva esfuerzo – deformación.....	9
Fig. N° 3: Patrón de deformación en una matriz que rodea a una fibra sometida a un esfuerzo de tracción.....	10
Fig. N° 4: Diagrama Carga-Deformación circunferencial total para una deformación R_x.....	21
Fig. N° 5: Diagramas de Carga y Energía - Deformación circunferencial total (referenciar)..	22
Fig. N° 6: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo A.....	27
Fig. N° 7: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo B.....	27
Fig. N° 8: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo C.....	28
Fig. N° 9: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo D.....	28
Fig. N° 10: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo E.....	29
Fig. N° 11: Carga vs. Deformación Circunferencial. Grupo F.....	29
Fig. N° 12: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo A.....	32
Fig. N° 13: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo B.....	32
Fig. N° 14: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo C.....	33
Fig. N° 15: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo D.....	33
Fig. N° 16: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo E.....	34
Fig. N° 17: Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. Grupo F.....	34
Fig. N° 18: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo A.....	35
Fig. N° 19: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo B.....	36
Fig. N° 20: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo C.....	36
Fig. N° 21: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo D.....	37
Fig. N° 22: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo E.....	38
Fig. N° 23: Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo F.....	38
Fig. N° 24: Curva Granulométrica para el agregado grueso Angular.....	47
Fig. N° 25: Curva Granulométrica para el agregado grueso Irregular.....	49
Fig. N° 26: Curva Granulométrica para la arena.....	49

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N° 1: Prensa de ensayo a compresión	17
Foto N° 2: Discos de carga	18
Foto N° 3: Equipo extensométrico	19
Foto N° 4: Base de madera para equipo extensométrico	19
Foto N° 5: Plantillas para discos de carga	20
Foto N° 6: Configuración del ensayo de doble punzonamiento	20
Foto N° 7: Cantera Silva, equipo de chancado	56
Foto N° 8: Apilado del agregado angular de $\frac{3}{4}$	56
Foto N° 9: Cuarteo del Material (a)	57
Foto N° 10: Cuarteo del Material (b)	57
Foto N° 11: Material seleccionado para los ensayos previos al diseño de mezcla	57
Foto N° 12: Moldes de 15 cm x 15 cm para el moldeo de probetas testigo	57
Foto N° 13: Ambiente de preparación de probetas de ensayo	58
Foto N° 14: Macro-fibra de polipropileno.	58
Foto N° 15: Preparación de mezcla de concreto en mezcladora eléctrica (a)	58
Foto N° 16: Preparación de mezcla de concreto en mezcladora eléctrica (b)	58
Foto N° 17: Introducción de macro-fibras	59
Foto N° 18: Vertido de concreto con fibras. a la mezcla de concreto	59
Foto N° 19: Homogenizando las fibras con la mezcla de concreto	59
Foto N° 20: Prueba del slump	59
Foto N° 21: Moldeo de Probetas testigo	60
Foto N° 22: Probetas testigos moldeadas	60
Foto N° 23: Desencofrado de probetas testigo	60
Foto N° 24: Probetas testigo extraídas de la posa de curado a los 28 días	60
Foto N° 25: Curado de probetas testigo	61
Foto N° 26: Refrentado con azufre de testigos (a)	61
Foto N° 27: Refrentado con azufre de testigos (b)	61
Foto N° 28: Equipo de investigación	61
Foto N° 29: Patrón de fisuración del ensayo de doble punzonamiento	62
Foto N° 30: Distribución del agregado grueso (a), y las fibras (b) en la matriz del concreto	62

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la influencia de las macro-fibras de polipropileno y la forma del agregado grueso en la tenacidad del concreto fabricado con cemento portland tipo GU.

Se elaboraron en total 90 probetas, según las normas UNE 83504 y UNE 83502, con 0, 3, 4, 6 y 8 kg de fibra de polipropileno por metro cúbico de concreto. El concreto se dosificó con relaciones a/c de 0.43, 0.48 y 0.55, agregado grueso de forma angular e irregular, con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ". A dichas probetas se las sometió al ensayo de doble punzonamiento en concordancia a la norma UNE 83515.

Concluyendo que para las mezclas de concreto con agregado grueso de forma irregular y de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", se observó un incremento de la tenacidad conforme fue aumentando la dosificación de fibras, pero no logró optimizar de manera definida la tenacidad en el concreto; y para las mezclas de concreto con agregado grueso de forma angular y de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", obtuvieron el mayor incremento de la tenacidad para una dosificación de 4 kg/m³, siendo estas 504.50 Joules para una relación a/c de 0.43, 440.04 Joules para una relación a/c de 0.48 y 417.20 Joules para una relación a/c de 0.55.

ABSTRACT

In the present work, the influence of polypropylene macro-fibers and the shape of the coarse aggregate on the toughness of the concrete manufactured with portland type GU cement was determined.

A total of 90 specimens were prepared, according to the UNE 83504 and UNE 83502 standards, with 0, 3, 4, 6 and 8 kg of polypropylene fiber per cubic meter of concrete. The concrete was dosed with a / c ratios of 0.43, 0.48 and 0.55, coarse aggregate of angular and irregular shape, with a maximum nominal size of $\frac{3}{4}$ ". Said test tubes were subjected to the double punching test in accordance with the UNE 83515 standard.

Concluding that for the mixtures of concrete with coarse aggregate of irregular shape and maximum nominal size of $\frac{3}{4}$ ", an increase of the tenacity was observed as the dosage of fibers was increasing, but it did not manage to definitively optimize the tenacity in the concrete; and for concrete mixtures with coarse aggregate of angular shape and maximum nominal size of $\frac{3}{4}$ ", they obtained the highest increase in toughness for a dosage of 4 kg / m³, these being 504.50 Joules for an a / c ratio of 0.43, 440.04 Joules for an a / c ratio of 0.48 and 417.20 Joules for an a / c ratio of 0.55.

CAPITULO I

1. INTRODUCCION

1.1. Planteamiento del Problema

Trujillo, capital del departamento de La Libertad, es la ciudad más poblada del norte del Perú. La población desde el 2010 hasta finales del 2015 ha crecido a una tasa del 1.25% anual, llegando a una población de 957 010 habitantes. El aumento poblacional ha generado demanda de viviendas, debido a esto se han incrementado la construcción de edificaciones de gran altura para satisfacer la demanda de la población. En estas el concreto debe tener un óptimo comportamiento para que se pueda construir sin poner en riesgo a la población.

Después del vaciado de concreto existen perdidas de volumen por contracción, esta se le denomina contracción por secado, y es responsable de una parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en estado fresco como en el endurecido; este problema se observa mayormente en áreas de grandes dimensiones como las losas de entepiso. Otra causa de la fisuración en el concreto es por la intervención de cargas dinámicas en las estructuras, muchas veces aquí se logra observar patrones de fisuración debido a la aplicación de esfuerzos a los que el concreto no es capaz de resistir.

La fisuración se relaciona con la pérdida de una apariencia estética, la alteración de las condiciones de uso y operatividad de las estructuras, la pérdida de capacidad portante y con problemas de durabilidad, ya que por ahí pueden ingresar sustancias nocivas que inician un proceso de corrosión en el acero de refuerzo. Pero el concreto siempre se va a fisurar, ya sea por la pérdida de volumen (contracción) o por la intervención de cargas dinámicas (sismo).

Por lo expuesto anteriormente, se espera entonces poder controlar la fisuración del material para que esta no cause daños mayores a las estructuras. Ante esta situación, la tenacidad del concreto influye en el control de las fisuras. Incluso, incrementando la tenacidad del material se puede lograr que las estructuras, después de presentarse una

fisura, pueda seguir soportando cargas. Esta se define como el parámetro que cuantifica la capacidad de absorber energía, y se representa como el área bajo la curva Esfuerzo-Deformación.

Dicho esto, nos planteamos la siguiente interrogante: ¿cómo aumentar la tenacidad del concreto? Pues la manera más eficiente es adicionando fibras elaboradas de diferentes materiales (acero, plástico, vidrio o naturales). Estas fibras si son empleadas en cantidades adecuadas, pueden aumentar la capacidad de absorber energía (tenacidad), por consecuente disminuir la abertura de las fisuras (controlar la fisuración). Pero la tenacidad también es una característica de los agregados, específicamente el agregado grueso (piedra), esta se relaciona directamente con las características externas del agregado, en especial con la forma de este. Estudios afirman que en algunos casos el agregado grueso puede lograr extender la abertura de la curva Esfuerzo-Deformación del concreto. Por lo mencionado anteriormente se puede plantear la idea de que el agregado también causa un efecto en el incremento de la tenacidad del concreto.

1.2. Formulación del Problema

¿En qué medida influye las macro-fibras de polipropileno y la forma del agregado grueso en la tenacidad del concreto fabricado con cemento portland tipo GU?

1.3. Justificación de la Investigación

Esta investigación brindará un nuevo conocimiento sobre la influencia de las macro-fibras de polipropileno y la forma del agregado grueso en la tenacidad del concreto usado en la cotidianidad y es justificable por lo siguiente:

- A diferencia del refuerzo convencional, el concreto reforzado con fibras tiene propiedades mecánicas de carácter isótropo, no dependen de la orientación y concentración del refuerzo en determinada zona, lo que hace de su aplicación más fácil que la habilitación del acero convencional. Además, la adherencia del agregado con el

concreto debido a su forma condiciona en cierto grado la resistencia del concreto y su tenacidad, por lo que es fundamental el evaluarla directa o indirectamente cuando se desea optimizar la calidad de los concretos.

- La tenacidad es una de las propiedades mecánicas del concreto que es importante estudiar e investigar, debido a que gracias a esta el concreto puede lograr tener un comportamiento más dúctil y así transferir esta ductilidad a las estructuras, siendo capaces de responder mejor ante la contracción y soportar las cargas dinámicas sin provocar el colapso de estas, logrando edificaciones más durables y seguras, que a su vez beneficiará directamente a la población trujillana.
- Esta investigación es de conveniencia para los profesionales encargados de los diseños de proyectos, pues nuestros resultados podrán ser tomados como referencia en los proyectos de construcción para incluir macro-fibras como refuerzo estructural del concreto para mejorar sus propiedades resistentes.

1.4. Limitaciones de la Investigación

Esta investigación se centra en la evaluación del comportamiento de la tenacidad en el concreto conformado por un agregado grueso con tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ". Se ha trabajado con material directamente traído a laboratorio, sin alteración alguna; de tal manera que nos aproximamos más a las condiciones reales de trabajo. En consecuencia, con un material más óptimo o seleccionado, eliminando piedras que no aportaban a la resistencia del concreto se obtendrían mejores resultados.

Además, algunos instrumentos para llevar a cabo el ensayo a los especímenes de concreto no se encuentran en los laboratorios de la Universidad, por ende, se dispuso de medios alternativos para la realización de dicho ensayo. Modificando el ensayo de la norma UNE 83515 en dos aspectos: el sistema de adquisición de datos y en la velocidad de carga de la máquina de ensayo. Este sistema de adquisición de datos no es electrónico por lo que la lectura de datos ha estado condicionada a la lectura de los autores.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar la influencia de las macro-fibras de polipropileno y la forma del agregado grueso en la tenacidad del concreto fabricado con cemento portland tipo GU.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar diseños de mezcla siguiendo las especificaciones del comité 211 del American Concrete Institute.
- Elaborar probetas de ensayo siguiendo la norma española UNE 83504 (Hormigones con fibras. Fabricación y conservación de probetas para los ensayos de laboratorio) y la UNE 83502 (Hormigones con fibras. Fabricación en laboratorio).
- Ensayar en el laboratorio a las probetas de concreto según la norma española UNE 83515 (Hormigones con fibras. Determinación de la resistencia a la fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción) modificada por los autores de esta investigación.
- Comprobar la hipótesis planteada en la presente investigación.
- Contrastar y debatir mediante gráficos y tablas los resultados obtenidos, analizando la variabilidad de la tenacidad de dichos resultados.

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

- Los autores: Carlos Javier Mendoza, Carlos Aire y Paula Dávila, en su investigación: “INFLUENCIA DE LAS FIBRA DE POLIPROPILENO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO EN ESTADOS PLÁSTICO Y ENDURECIDO” concluyen que para la fabricación de mezclas de concreto con dos tamaños máximos de agregado grueso (9.5 y 19.0 mm) y cuatro contenidos de fibra de polipropileno (0,1,3 y 5 kg/m³), la tenacidad del concreto aumenta en forma importante con el consumo de fibra, sobre todo en las mezclas con agregado grueso de 9.5 mm y arena lavada.
- El autor: Contreras Delgado, Weeder Alexander en su investigación: “INFLUENCIA DE LA FORMA Y TEXTURA DEL AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA OLANO EN LA CONSISTENCIA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL DISTRITO DE JAÉN - CAJAMARCA”, miden la influencia la influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, tomando los dos perfiles de agregado grueso más conocidos y utilizados en el distrito de Jaén, el primero es la piedra chancada de forma irregular y textura áspera y el otro la grava de rio de forma redondeada y textura lisa, que muchas veces son reemplazados uno por el otro sin hacer ajustes en los diseños de mezclas, desconociendo los cambios que producen en las propiedades del concreto. Para demostrar dicha influencia se realizaron dos diseños de mezcla para concretos de $f_c=175$ y 210 Kg/cm^2 , con propiedades de la piedra chancada. Cada tanda de mezcla se hizo para tres testigos de concreto más una prueba slump y las proporciones se consideraron iguales para ambas formas de agregado, es decir: la misma relación agua/cemento, el mismo peso de arena de rio, el mismo peso de agregado grueso y la misma granulometría. Los resultados de consistencias fueron plásticas para mezclas con piedra chancada y coincidieron con lo diseñado, pero las mezclas con grava redondeada arrojaron una consistencia fluida, diferenciándose de los asentamientos anteriores hasta en 3". En los resultados a compresión los especímenes con piedra chancada superaron la resistencia de los especímenes de grava

redondeada en porcentajes que varían entre 8 y 16 % más. De esta manera quedó demostrado que tanto la forma como la textura de estos dos agregados influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

- Los autores: Carlos Aire, Climent Molins, Antonio Aguado y Gabriela Zárate, en su investigación: “NUEVO MÉTODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRA EMPLEANDO EL ENSAYO DE DOBLE PUNZONAMIENTO” presentan un estudio comparativo entre los resultados de resistencia máxima y tenacidad aplicando el ensayo de doble punzonamiento (UNE-83515) y el de flexión. El estudio se realizó en probetas cilíndricas de 150 ϕ y 150 H mm y vigas de 150 \times 150 \times 600 mm de concretos reforzados con fibras de acero y macro-fibras sintéticas. La variable del estudio fue el contenido y tipo de fibra. Se evaluó tres contenidos de fibra de acero (40, 60 y 80 kg/m³) y cuatro contenidos de macro-fibra sintética (2, 5, 7 y 9 kg/m³). Se hace un análisis comparativo entre los resultados de tenacidad obtenidos mediante el ensayo de doble punzonamiento y de flexión. Concluyendo que en el ensayo de doble punzonamiento se tiene un coeficiente de variabilidad inferior al 6% con respecto a la resistencia de tracción y un máximo coeficiente de variabilidad de 17.8% en la tenacidad; a comparación de la resistencia a flexión y tenacidad obtenida del ensayo de vigas en donde fueron considerablemente mayores, alcanzando casi 28% y 36% respectivamente.
- Los autores: Correa Leyva, Carlo Marco y Yturbe Aguilar, Patricia Angela, en su investigación: “INFLUENCIA DE LA RELACIÓN AGUA – CEMENTO Y CONTENIDO DE FIBRA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN, AL IMPACTO Y TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE ACERO DRAMIX”, se reforzó el concreto con diferentes contenidos de fibra de acero DRAMIX ZP 305 (30, 40 Y 50 Kg/m³) usando relaciones a/c de 0.60, 0.50 y 0.40; donde las muestras de concreto se sometieron a ensayos normalizados de trabajabilidad, compresión, flexión e impacto, con la finalidad de determinar la influencia de la relación agua/cemento y contenido de fibra sobre las propiedades

mecánicas. Así mismo, se efectuó el análisis de la superficie de fractura del concreto simple como del concreto reforzado. Los resultados obtenidos del ensayo de flexión e impacto, muestran un incremento en la resistencia con la adición de altas dosificaciones de fibra metálica ($40 - 50 \text{ kg/m}^3$) y usando bajas relaciones agua/cemento ($0.50 - 0.40$). Opuesto a esto en el caso del ensayo de trabajabilidad, se determinó que para los altos contenidos de fibra se lograba una disminución en la trabajabilidad del concreto en un rango de 1 a 2 pulgadas. Mientras que, para el caso del ensayo de compresión, solamente la relación agua – cemento presentaba un mejoramiento significativo en la resistencia del concreto.

- El autor: Luis Bazan Ñazco, en su tesis: “INFLUENCIA DE LA CANTIDAD DE FIBRAS DE POLIETILENO Y DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO EN LA TENACIDAD DEL CONCRETO”, efectúa pruebas de laboratorio para cuantificar la influencia de la adición de fibras de polietileno en la calidad del concreto y en su agrietamiento por contracción durante el secado de la mezcla. Los resultados experimentales de los primeros ensayos revelan que añadiendo una adecuada proporción de fibras de polietileno se puede aumentar el $f'c$ casi hasta en un 20%. En el segundo tipo de ensayos se ha evaluado de manera indirecta la influencia de la inclusión de fibras sobre el agrietamiento en losas circulares de 60.00 cm. de diámetro y de 7.50 cm. de espesor. Concluyendo, que las mejoras más apreciables se logran añadiendo entre 400 y 600 kg/m^3 de fibra al concreto con piedra de $\frac{1}{2}$ pulgada de tamaño máximo. Pudiendo alcanzar rigideces mayores que la losas sin dicha fibra, sobre todo para los niveles de carga más altos en esta investigación. Es conveniente anotar que las losas se han ensayado a una edad de 7 días, mientras que las pruebas de compresión uniaxial a los 28 días de edad. El aumento del $f'c$, mencionado anteriormente, es relevante porque el módulo de elasticidad del concreto, $E'c$ es proporcional a la raíz cuadrada del $f'c$. Así, un incremento de 20% induce a un aumento aproximado del 10% en $E'c$, es decir una reducción del 10% en deflexiones.

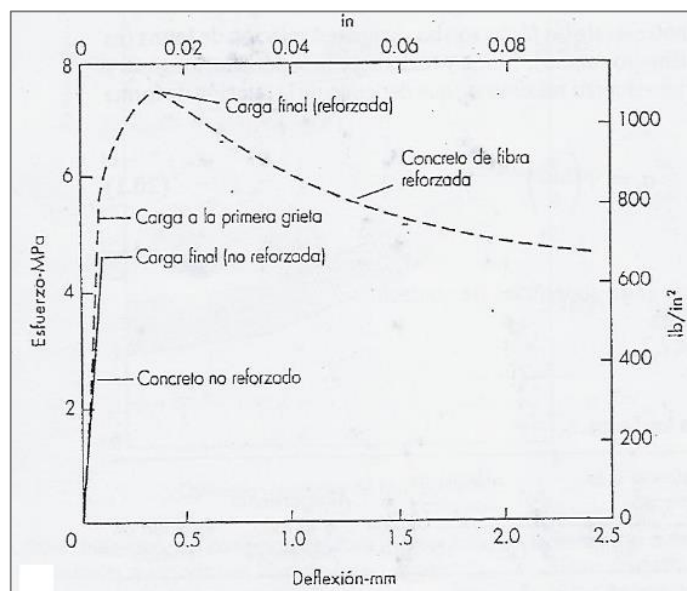
2.2. Fundamentación Teórica

En el concreto ocurren deformaciones de manera independiente a la acción de cargas externas, originados por cambios volumétricos debido a la contracción por secado. Esta genera esfuerzos de tensión a la cual el concreto es débil, produciendo fisuras que pueden alterar la integridad del concreto y su durabilidad. (Neville, 2010).

En la actualidad, una de las soluciones para contrarrestar los problemas de fisuración debido a la contracción por secado es la aplicación de fibras, elaboradas de diferentes materiales. Las cuales permiten controlar la propagación de fisuras.

Las fibras actúan como refuerzo de la matriz del concreto, incrementando su resistencia a la tensión al retardar el crecimiento de fisuras, y aumentar la tenacidad (energía total absorbida antes de la separación total del espécimen), transmitiendo los esfuerzos a través de la sección fisurada, por lo que se logra deformaciones mayores más allá del esfuerzo pico. (Neville, 2010).

Fig. N° 1: Comportamiento típico de la curva Esfuerzo-Deformación del concreto reforzado con fibra y no reforzado.

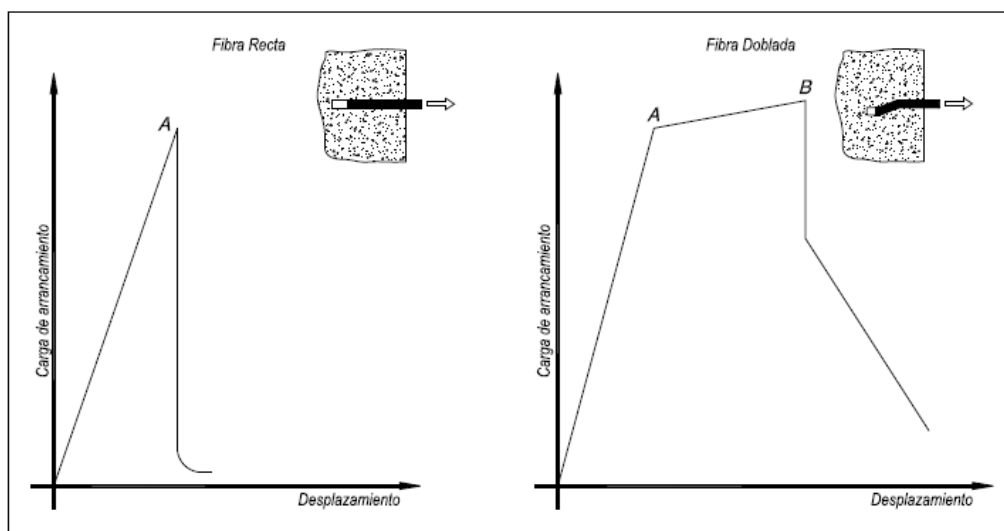


Fuente: Tecnología del concreto Pg. 307 (M. Neville, 2010).

Para dicho efecto, los factores que influyen en el comportamiento de un concreto fibroreforzado son las propiedades de las fibras y la matriz. Dentro las propiedades de las fibras tenemos: La geometría, relación de aspecto, contenido, orientación y distribución. De las cuales tienen mayor incidencia en el aumento de resistencia a la fisuración y tenacidad, la longitud y textura superficial de la fibra. Dentro de las propiedades de la matriz tenemos: La resistencia y el tamaño máximo del agregado grueso. (Winterberg, 2007)

La textura superficial condiciona la adherencia de la fibra con el matriz cementante, ya que impide la extracción de la fibra. Siendo así, que la textura de la fibra influencia la forma en que se comporta la curva esfuerzo - deformación, cuando se alcanza la rotura del concreto. Si la fibra no tiene un buen comportamiento a la tracción se quebrará bruscamente, ocasionando el descenso empinado de la curva. (Winterberg, 2007).

Fig. N° 2: Efecto de la forma de la fibra en el comportamiento de la curva esfuerzo - deformación.

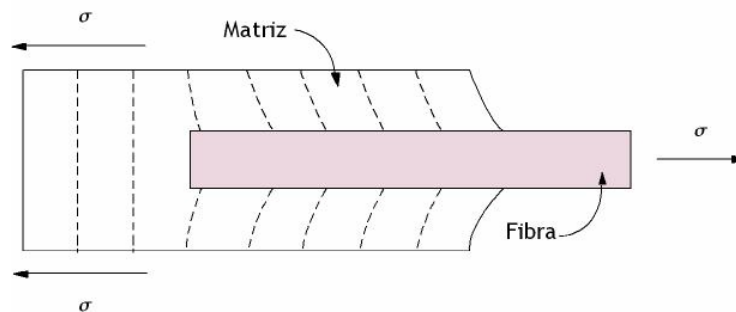


Fuente: Fibras como Elemento Estructural para el refuerzo del hormigón Pag. 11 (R. Winterberg, 2007)

La longitud de fibra también contribuye a la adherencia con la matriz debido a que condiciona el grado en que una carga aplicada se transmite a la fibra por medio de la fase matriz. En este proceso de transmisión de carga es muy importante la magnitud de la

unión en la interfaz de las fases matriz-fibra. Al aplicar un esfuerzo de tracción, la unión fibra-matriz cesa en los extremos de la fibra y en la matriz se genera un patrón de deformación como el que se muestra en la figura N°3; en otras palabras, en los extremos de la fibra no hay transmisión de carga desde la matriz. (Moral Borque, A. y Nogueira López, M. 2007).

Fig. N°3 Patrón de deformación en una matriz que rodea a una fibra sometida a un esfuerzo de tracción.



Fuente: Moral Borque, A. y Nogueira López, M. Junio, 2007. Pg. 9

Por lo que la longitud de fibra juega un rol importante en el control de fisuras y aumento de energía absorbida. Ya que se debe esperar que toda la fibra tenga contacto con la matriz, y no queden agrupadas generando vacíos que forman puntos débiles en el concreto. (Winterberg, 2007).

Este acomodo de la fibra en la matriz está condicionado por el tamaño máximo nominal y forma de las partículas de agregado grueso.

Teniendo que – según la forma de partícula –, se generarán espacios o huecos en el concreto. Esto se debe a que la forma de la partícula determina qué tanto se puede compactar el agregado. Estos espacios delimitan el contacto de la fibra con la matriz cementante. (Neville, 2010)

Las formas de las partículas de agregado grueso también proveen una influencia importante en la resistencia esperada del concreto fibro-reforzado. En la interrelación mecánica entra la matriz y el agregado grueso, la adherencia es una consecuencia de la

forma de partícula; al respecto, la roca triturada produce una adherencia superior comparada con la gravilla. De igual manera, se ha discutido el efecto del tamaño máximo y la cantidad del agregado, así como la demanda de agua por parte de los mismos que determina el contenido de cemento y pasta para una determinada resistencia del concreto. (Neville, 2010).

Dentro de las formas más utilizadas de agregado grueso, tenemos: irregular y angular; las cuales representan al canto rodado y al agregado triturado, respectivamente. Con la gravilla (agregado irregular), se obtienen concretos trabajables y su mejor forma es cuando se aproxime la forma de ellos a la esfera, con los agregados triturados (agregado angular), se obtienen concretos menos trabajables, lo que dificulta la compactación del concreto y su efecto será tanto menor cuando más se aproximen a un cubo. A parte, la resistencia a la flexo-tracción se ve aumentada en concretos que presentan agregado angular, ya que es el agregado que tiene más superficie de contacto con la pasta de cemento y, por lo tanto, mayor adherencia. (Neville. 2010).

2.3. Definición de Términos Básicos

- **Fibras:** Filamento de origen natural, artificial o sintético, apto para ser hilado y tejido, que generalmente presenta gran finura y buena flexibilidad

- **Tenacidad:** Es la medida de la capacidad de absorción de energía de un material y es utilizada para caracterizar la aptitud para resistir fracturas cuando es sometido a esfuerzos estáticos o dinámicos de impacto.

- **Fisuración:** Fenómeno físico que aparece en elementos estructurales de concreto.

- **Matriz:** Componente que se presenta en fase continua, actuando como ligante.

- **Refuerzo:** Se presenta en fase discontinua, que es el elemento resistente.

- **Curva Esfuerzo-Deformación:** Es la curva resultante graficada con los valores del esfuerzo y la correspondiente deformación unitaria en el espécimen calculado a partir de los datos de un ensayo de tensión o de compresión.
- **Joule:** Unidad de medida (indicador) derivada del Sistema Internacional utilizada para medir energía, trabajo y calor.
- **Concreto Reforzado Con Fibras (CRF):** El concreto reforzado con fibras es el concreto formado por un conglomerante hidráulico, generalmente cemento Portland, agregados finos y gruesos, agua y fibras discontinuas y discretas.
- **Agregado Grueso:** Elementos inertes del concreto que son aglomerados por la pasta de cemento para formar la estructura resistente.
- **Forma de agregado de grueso:** Es una característica externa del agregado que influye en las propiedades del concreto fresco y endurecido. Teniendo como aspecto de forma la redondez y esfericidad de la partícula.
- **Agregado Grueso Angular:** Posee bordes bien definidos formados en la intersección de caras planas. Dentro de esta clasificación están las rocas trituradas de todos los tipos, escoria triturada.
- **Agregado Grueso Irregular:** Parcialmente moldeada por fricción y con bordes pulidos. Dentro de esta clasificación están las gravas; pedernal de tierra o excavado.

3. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1. Formulación de la Hipótesis

Si la cantidad de macro-fibras de polipropileno es en promedio 5 kilogramos por metro cúbico de concreto y la forma del agregado grueso es angular, entonces la tenacidad del concreto, se verá incrementada.

3.2. Variables

3.2.1. Variables Independientes

- Macro-fibras de polipropileno
- Forma del agregado grueso

3.2.2. Variable Dependiente

- Tenacidad del concreto.

3.3. Operacionalización de Variables

Tabla N° 1 Operacionalización de variables.

USO DE MACRO-FIBRAS DE POLIPROPILENO Y DIFERENTE FORMA DEL AGREGADO GRUESO EN LA TENACIDAD DEL CONCRETO FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND TIPO GU			
VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	CATEGORIZACION	INDICADOR
Macro-fibras de Polipropileno	Variable Independiente	Macro-fibra sintética	Kg/m ³
Forma del Agregado Grueso	Variable Independiente	Gravilla y Piedra Chancada	Tamaño Máximo Nominal
Tenacidad del Concreto	Variable Dependiente	Área bajo la Curva Esfuerzo-Deformación	Joules

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO II

1. MATERIALES Y METODOS

1.1. MATERIALES

1.1.1. Muestra

Se elaboraron 90 probetas de concreto, según las normas UNE 83504 y UNE 83502. De las cuales 30 probetas para una relación a/c de 0.43, 30 para una relación a/c de 0.48 y 30 para una relación a/c de 0.55. Trabajando, para cada relación a/c, con un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ de pulgada. A las cuales se les denominó: A, B y C a las mezclas elaboradas con la forma de agregado grueso irregular (I) y D, E y F para el grupo de probetas elaborado con la forma de agregado grueso angular (A). Dentro de cada grupo se encuentran 5 sub – grupos, con diferentes dosificaciones de fibras. Teniendo a los del grupo 1 las de 0 Kg/m³, las del grupo 2, 3 Kg/m³, las de grupo 3, 4 Kg/m³, las del grupo 4, 6 Kg/m³ y las del grupo 5, 8 Kg/m³.

Las probetas deben ser cilíndricas, de altura aproximadamente igual a su diámetro. La dimensión normal del diámetro debe ser de 150 mm. Estas se obtuvieron a través de moldeo directo de una probeta de 150 mm de diámetro y 150 mm de altura, según establece la norma UNE 83504.

A continuación, se presenta en la tabla N° 2 la denominación de cada grupo de especímenes según corresponda a sus criterios para el diseño, siendo el tamaño de la muestra para cada grupo de 3 testigos.

Tabla N° 2 Codificación para cada grupo de Probetas de ensayo.

CODIFICACION PROBETAS											
Dosificación Fibra		0 kg/m3		3 kg/m3		4 kg/m3		6 kg/m3		8 kg/m3	
T.M.N. Piedra		¾		¾		¾		¾		¾	
Forma Piedra		I	A	I	A	I	A	I	A	I	A
Relación a/c	0.43	A-1	D-1	A-2	D-2	A-3	D-3	A-4	D-4	A-5	D-5
	0.48	B-1	E-1	B-2	E-2	B-3	E-3	B-4	E-4	B-5	E-5
	0.55	C-1	F-1	C-2	F-2	C-3	F-3	C-4	F-4	C-5	F-5

1.2. MÉTODOS

1.2.1. Tipo de Investigación

- **Enfoque:** Aplicada, debido a que en la presente investigación se desarrollaron los conocimientos adquiridos durante nuestra etapa universitaria.
- **Alcance:** Descriptiva, ya que logramos caracterizar el concreto con diferentes variables, siendo: la relación agua/cemento, la forma del agregado grueso y cantidad de fibra. Para contar con los datos necesarios para evaluar la energía absorbida y encontrar la dosificación ideal para el tipo de fibra usado. Aparte de evaluar su comportamiento ante diferentes relaciones agua/cemento. Y finalmente presentar en un informe descriptivo del comportamiento de las variables.
- **Diseño:** La investigación según los medios utilizados para obtener los datos fue experimental. Debido a que la variable dependiente a estudiar se determina únicamente por ensayos estipulados normativamente y controlados en laboratorio, al igual que la obtención de las características de las variables independientes.

1.2.2. Materiales para las mezclas de concreto

1.2.2.1. Caracterización de los Agregados

Se determinó las propiedades del agregado fino y el agregado grueso de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", a partir de una muestra representativa, como lo estipula la norma ASTM D-75. En este proceso se realizó el análisis granulométrico según la ASTM C-33, el contenido de humedad según la norma ASTM C-566, el peso específico y el porcentaje de absorción del agregado grueso y del agregado fino según la norma ASTM C-128 y ASTM C-127 respectivamente. Ver Anexo N°1.

1.2.3. Preparación de las Probetas

Se elaboraron seis diseños de mezcla, para las diferentes combinaciones de relaciones a/c y formas de agregado grueso, siguiendo los lineamientos del comité 211 del American Concrete Institute.

Se agregó 0.8% de aditivo plastificante a la mezcla en función al peso del cemento en todos los diseños con fibras; para así tener las mismas características en todas las muestras y no agregar otra variable a la investigación, y para controlar la pérdida de trabajabilidad del concreto con fibras. El diseño de mezcla se muestra en el anexo N° 2.

Se prepararon los diseños de mezcla en condiciones de laboratorio, luego se procedió a medir su revenimiento según lo estipula la norma ASTM C-143 para finalmente preparar y curar las probetas de ensayo como lo estipula la norma UNE 83504 y UNE 83502 para los testigos con fibra.

1.2.4. Ensayo de Tenacidad

En este apartado definiremos el método de ensayo para determinar la tenacidad del concreto reforzado con fibras mediante un ensayo de doble punzonamiento bajo la norma UNE 83515, aplicado sobre una probeta cilíndrica definida más adelante.

1.2.4.1 Aparatos

Máquina de ensayo

La norma específica trabajar con una prensa de ensayo a compresión, en la cual se indica que la aplicación de carga sobre la probeta será de (0.5 ± 0.05) mm/min. Pero, debido a que no se encontró en el laboratorio una prensa con esa velocidad, se realizó el ensayo con una aplicación de carga de (4 ± 0.05) mm/min.



Foto N°1: Prensa de ensayo a compresión.

Discos de carga

Se dispuso de sendos discos de acero en contacto con las caras superior e inferior de la probeta, que actuarán como elementos de carga. Los cuales tenían una dureza no inferior a 55 HRC y una profundidad de la capa tratada de 2 mm. La norma estipula que se debe disponer de 5 mm de profundidad de capa tratada, pero esto no tiene trascendencia en la investigación.



Foto N°2: Discos de carga

1.2.4.2 Elementos de lectura y adquisición de datos

Equipo extensómetro

Para medir la deformación circunferencial total de la probeta, la norma menciona que se debe disponer de una cadena extensométrica que abrace circunferencialmente a la probeta. Debido a que este equipo no se encuentra en nuestro ambiente de laboratorio, se fabricó un disco circular de acero que recorra la circunferencia del testigo de concreto y lo sujete en el centro, apoyándose en un soporte de madera para evitar que este se caiga durante la ejecución del ensayo; a su vez, dicho disco circular sujeta un deformímetro analógico con una precisión de 0.001 mm el cual permite tomar datos de la deformación circunferencial del testigo. Ver anexo N° 10.



Foto N°3: Equipo extensométrico.



Foto N°4: Base de madera para equipo extensométrico.

Adquisición de datos

Se dispuso de un sistema de adquisición de datos que registraba simultáneamente, la carga aplicada y la deformación circunferencial total de la probeta con una frecuencia de adquisición no inferior a una lectura por segundo.

1.2.4.3 Procedimiento de ensayo

Colocación de la probeta

El conjunto formado por la probeta y los discos de carga se introducen centrándola en la prensa de ensayo. Para asegurar el correcto centrado de los discos cilíndricos de carga, se utilizó como plantilla un disco de cartón agujereado con diámetro exterior aproximadamente igual al diámetro de la probeta y un diámetro interior aproximadamente igual al del disco de carga.



Foto N°5: Plantillas para discos de carga

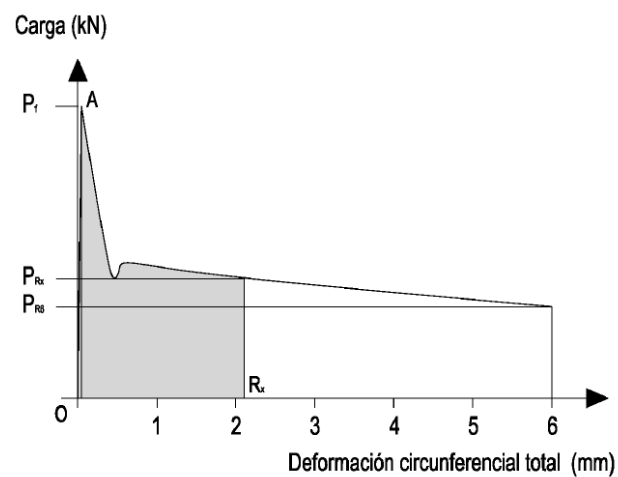


Foto N°6: Configuración del ensayo de doble punzonamiento.

Aplicación de la carga

La carga aplicada en el ensayo se realizó de manera uniforme con una velocidad del pistón de la prensa indicado en el apartado 1.2.3.1 durante todo el ensayo. Este se concluyó cuando la deformación circunferencial total desde el inicio del ensayo alcanzó los 6 mm.

Fig. N°4 Diagrama Carga-Deformación circunferencial total para una deformación R_x .

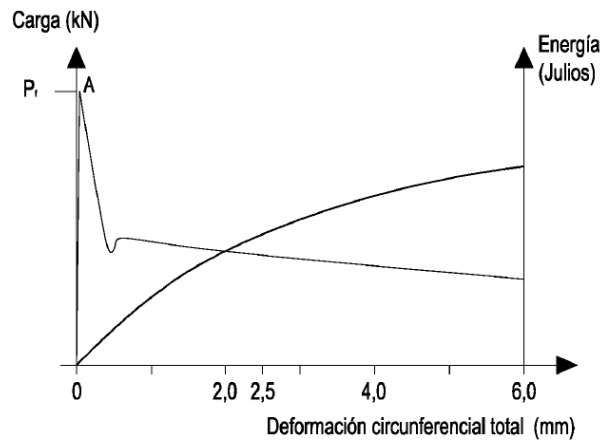


Fuente: Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción, método Barcelona. Pag. 6 (UNE 83515). 2010.

1.2.4.4 Expresión de resultados

La tenacidad es la energía expresada en Julios que es necesaria transmitir a la probeta de ensayo para que este alcance una deformación circunferencia total R_x , esta se determinó como el área bajo la curva Carga-Deformación circunferencial para los valores de deformación de 2 mm, 2.5 mm, 4 mm y 6 mm, utilizando el programa Origin Pro 2015 para dicho cálculo. (referencia bibliográfica)

Fig. N°5 Diagramas de Carga y Energía - Deformación circunferencial total.



Fuente: Fuente: Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción, método Barcelona. Pag. 7 (UNE 83515). 2010.

CAPITULO III

1. RESULTADOS

1.1. Presentación de Datos

Los datos obtenidos del ensayo de doble punzonamiento realizado bajo la norma UNE 83515 se muestran a continuación en las siguientes tablas:

Tabla N° 3 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo A**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.00	0	0	0	0	0
0.50	89.5	78.3	70.4	82.1	86.5
1.00	91.9	78.7	83.1	87.8	87.5
1.50	70.0	79.2	83.3	66.7	89.5
2.00	65.6	79.6	83.4	65.6	92.7
2.50	61.1	86.3	66.2	64.5	75.5
3.00	57.4	69.0	63.2	63.5	73.2
3.50	49.6	51.7	60.8	62.5	70.9
4.00	46.7	50.0	58.4	61.5	68.6
4.50	43.5	48.2	56.4	59.6	66.8
5.00	40.7	44.7	54.5	57.8	63.8
5.50	38.1	41.2	50.3	56.2	62.9
6.00	33.5	37.6	46.2	54.6	61.9

Tabla N° 4 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo B**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.00	0	0	0	0	0
0.10	14.1	31.9	15.1	15.14	20.4
0.50	70.5	76.1	75.5	75.7	102.2
1.00	71.0	74.6	73.9	79.0	73.3
1.50	71.5	69.5	71.6	76.6	71.7
2.00	72.4	65.6	66.0	65.8	69.6
2.50	60.3	63.7	61.6	62.9	67.8
3.00	48.1	55.7	57.2	60.0	66.0
3.50	45.6	47.6	52.8	58.9	64.2
4.00	43.2	44.6	49.9	57.7	63.0
4.50	40.7	42.9	45.8	56.6	62.3
5.00	38.2	40.8	41.7	53.3	61.7
5.50	35.8	38.9	38.6	49.9	62.3
6.00	33.3	36.7	36.4	48.5	60.8

Tabla N° 5 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo C**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.00	0	0	0	0	0
0.50	70.7	75.5	38.6	73.7	49.1
1.00	71.4	67.0	69.4	66.2	80.6
1.50	72.1	64.1	64.6	63.7	67.8
2.00	59.0	54.2	58.3	56.9	65.4
2.50	45.9	46.8	54.7	60.2	63.0
3.00	43.2	44.6	52.6	58.4	60.5
3.50	40.5	42.7	49.6	58.1	58.2
4.00	37.8	40.9	48.8	57.2	55.9
4.50	36.3	39.3	48.0	56.3	53.8
5.00	34.8	37.8	47.0	55.4	51.4
5.50	33.2	36.2	46.0	53.6	50.5
6.00	31.7	34.6	44.7	51.8	49.2

Tabla N° 6 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo D**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.00	0	0	0	0	0
0.10	17.2	19.6	20.8	108.7	114.1
0.50	86.0	98.0	104.0	90.7	77.8
1.00	97.3	98.2	104.0	83.5	77.0
1.50	108.6	97.0	104.9	82.8	73.7
2.00	95.3	95.3	105.7	82.9	73.4
2.50	82.1	87.8	101.2	79.9	71.6
3.00	54.1	83.4	84.6	76.2	70.6
3.50	49.3	79.1	80.0	73.8	69.8
4.00	44.5	76.5	76.3	72.0	68.3
4.50	43.0	75.4	74.3	70.1	68.0
5.00	41.5	71.3	70.2	68.2	67.5
5.50	40.1	70.3	69.4	67.4	66.9
6.00	38.6	69.3	68.8	66.8	66.0

Tabla N° 7 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo E**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.1	9.5	3.1	18.4	20.8	102.0
0.5	47.3	15.5	91.8	103.8	80.2
1.0	94.6	99.6	91.8	103.1	76.6
1.2	95.2	99.6	92.2	96.2	75.0
1.5	96.1	99.6	82.0	85.8	72.6
2.0	97.6	101.6	78.8	77.9	70.2
2.5	62.4	79.5	75.6	70.0	67.9
3.0	56.0	73.4	72.4	70.0	65.6
3.5	49.5	67.2	72.4	67.3	65.8
4.0	43.1	67.2	70.8	65.5	63.7
4.5	39.2	64.5	70.8	63.6	62.4
5.0	35.2	64.5	70.8	62.4	61.6
5.5	33.1	60.8	68.3	60.9	60.4
6.0	30.9	60.1	64.8	60.3	59.4

Tabla N° 8 Valores de carga para una respectiva deformación circunferencial. **Grupo F**

Dosificación de Fibra	0 kg/m3	3 kg/m3	4 kg/m3	6 kg/m3	8 kg/m3
Deformación (mm)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)	Carga (Kn)
0.00	0	0	0	0	0
0.15	26.5	21.1	21.9	35.2	70.7
0.32	56.5	45.0	46.7	75.2	91.2
0.33	58.2	46.4	48.2	77.5	90.1
0.50	88.2	70.3	73.0	80.0	71.1
0.75	88.2	84.2	81.5	79.2	65.9
1.00	88.2	98.1	90.0	69.9	60.7
1.50	89.9	71.5	91.4	64.8	57.6
2.00	89.9	67.9	81.3	63.0	57.9
2.50	62.5	65.1	72.8	61.3	57.3
3.00	62.5	62.3	70.4	59.1	56.7
3.50	56.4	60.6	68.7	56.8	55.6
4.00	50.3	58.2	67.1	54.6	54.9
4.50	44.2	57.2	65.5	53.0	54.4
5.00	38.1	55.9	64.0	52.2	53.5
5.50	38.1	52.2	62.1	50.3	53.2
6.00	38.1	50.1	56.2	48.9	52.3

Una vez tabulados los datos de la carga aplicada para una respectiva deformación circunferencial, se procede a graficar las curvas Carga - Deformación circunferencial para cada grupo de probetas, las cuales nos permitirán calcular posteriormente el área bajo dicha curva.

Fig. N° 6 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo A**

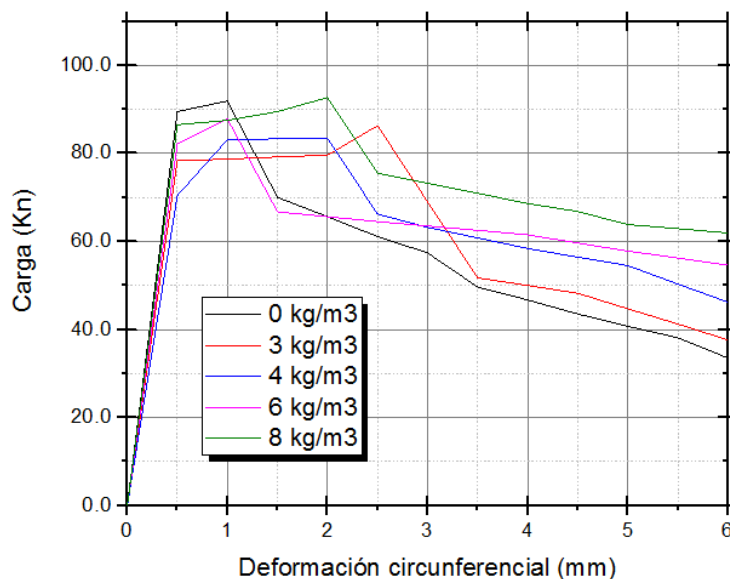


Fig. N° 7 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo B**

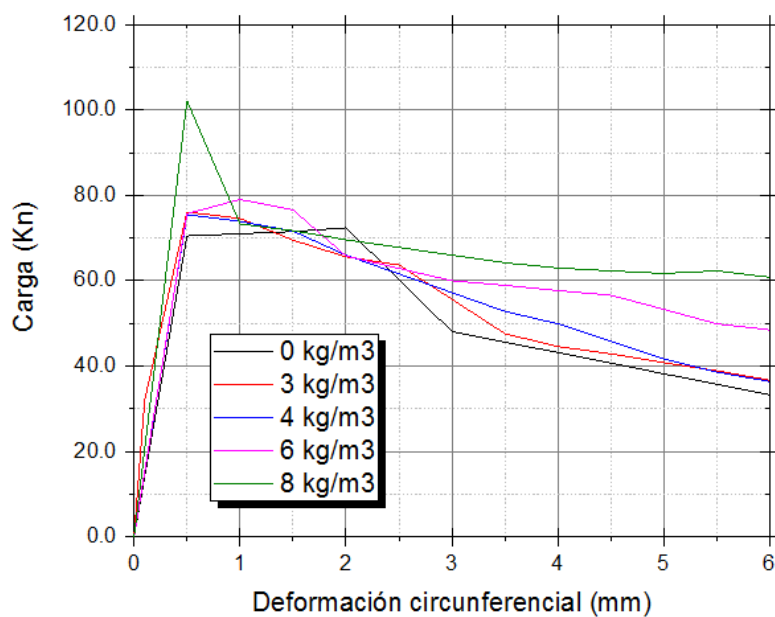


Fig. N° 8 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo C**

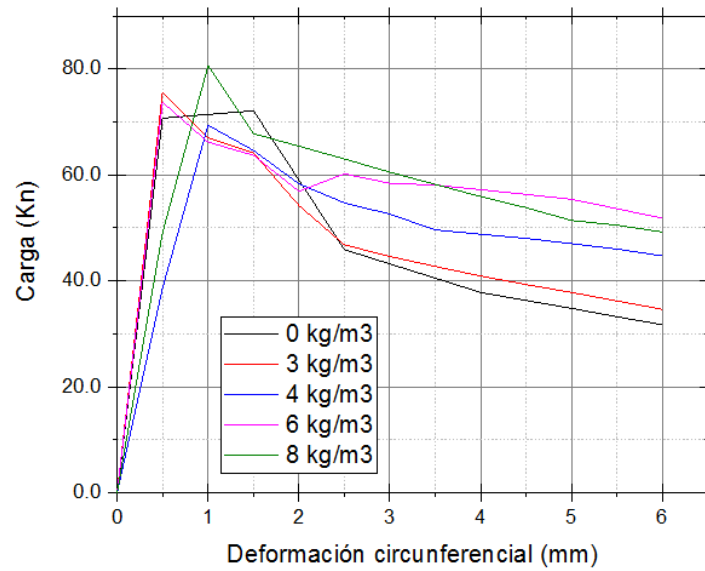


Fig. N° 9 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo D**

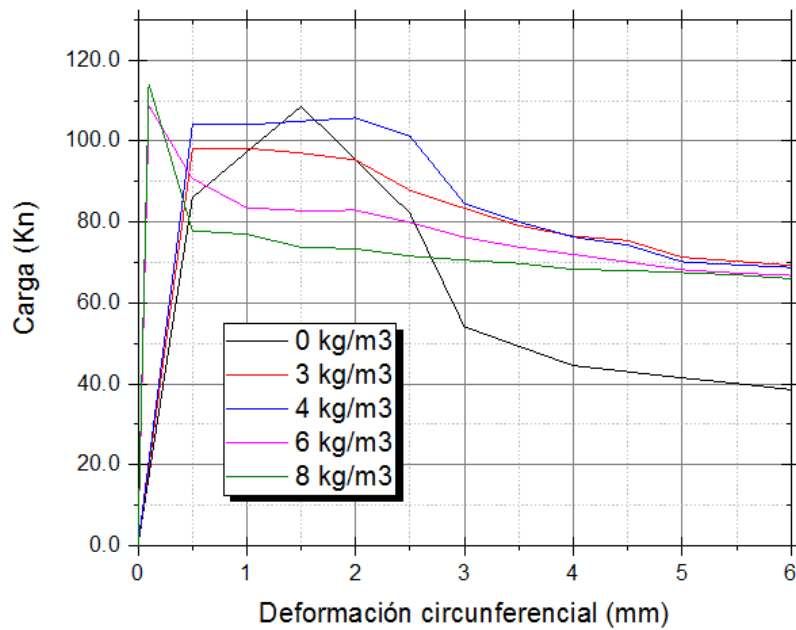


Fig. N° 10 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo E**

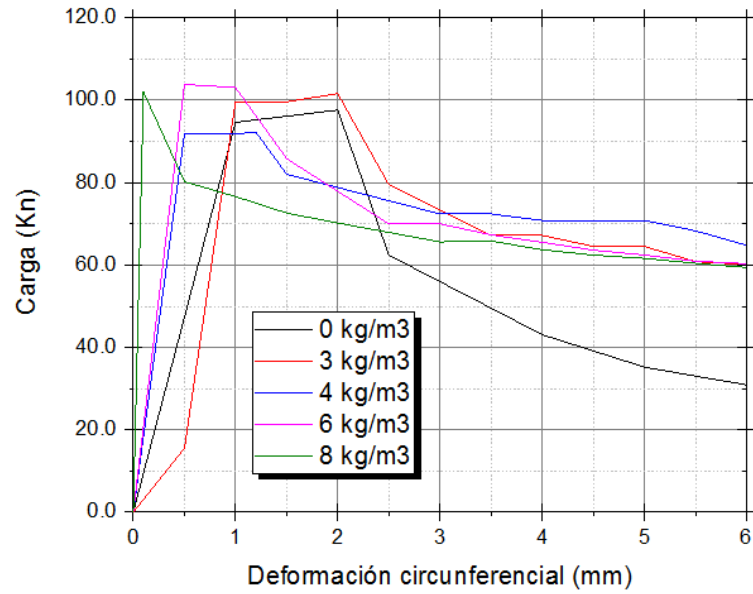
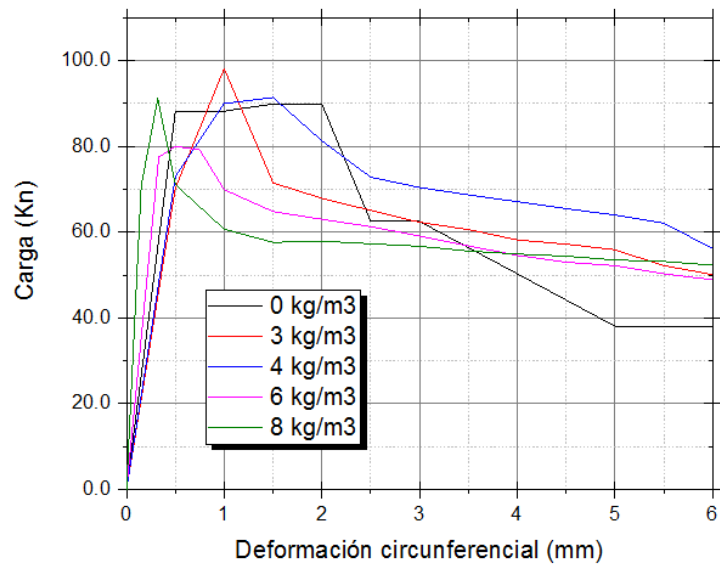


Fig. N° 11 Carga vs. Deformación Circunferencial. **Grupo F**



Una vez graficadas las curvas de Carga - Deformación Circunferencial para los diferentes diseños de concreto, y con ayuda del programa Origin Pro 2015, se calculó la tenacidad respectiva de cada muestra; estas se muestran a continuación:

Tabla N° 9 Valores de Tenacidad. **Grupo A**

FORMA DE AGREGADO GRUESO IRREGULAR RELACION a/c 0.43

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	142.10	138.00	139.25	134.70	154.93
2.5	173.78	179.47	176.65	167.23	196.98
4	254.23	273.89	269.80	261.73	305.05
6	335.43	362.84	376.55	377.55	434.43

Tabla N° 10 Valores de Tenacidad. **Grupo B**

FORMA DE AGREGADO GRUESO IRREGULAR RELACION a/c 0.48

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	124.60	130.67	127.00	132.10	141.00
2.5	157.78	163.00	158.90	164.28	175.35
4	230.50	241.72	241.78	253.88	273.15
6	306.98	323.35	326.40	360.33	397.25

Tabla N° 11 Valores de Tenacidad. **Grupo C**

FORMA DE AGREGADO GRUESO IRREGULAR RELACION a/c 0.55

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	121.85	116.85	100.88	116.03	115.10
2.5	148.08	142.10	129.13	145.30	147.20
4	210.85	207.68	206.10	232.90	236.28
6	280.38	283.20	299.98	342.80	340.40

Tabla N° 12 Valores de Tenacidad. **Grupo D**
FORMA DE AGREGADO GRUESO ANGULAR RELACION a/c 0.43

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	169.75	170.43	182.88	171.87	157.24
2.5	214.10	216.20	234.60	212.57	193.49
4	297.45	338.53	361.28	325.54	298.66
6	380.53	483.48	504.50	463.09	433.44

Tabla N° 13 Valores de Tenacidad. **Grupo E**
FORMA DE AGREGADO GRUESO ANGULAR RELACION a/c 0.48

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	143.40	132.75	153.59	165.83	153.74
2.5	183.40	178.03	192.19	202.80	188.27
4	262.53	285.00	301.19	305.33	286.87
6	334.73	411.73	440.04	430.23	409.84

Tabla N° 14 Valores de Tenacidad. **Grupo F**
FORMA DE AGREGADO GRUESO ANGULAR RELACION a/c 0.55

Dosificación de fibra	0 kg/m ³	3 kg/m ³	4 kg/m ³	6 kg/m ³	8 kg/m ³
Deformación (milímetros)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)	Tenacidad (Joules)
2	155.63	136.93	147.53	130.34	125.07
2.5	193.73	170.18	186.05	161.41	153.87
4	281.38	262.45	290.58	248.34	238.07
6	363.68	372.18	417.20	351.96	345.42

A continuación, se presentan las gráficas de Energía - Deformación circunferencial, que se define como el área bajo la curva Carga - Deformación circunferencial.

Fig. N° 12 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo A**

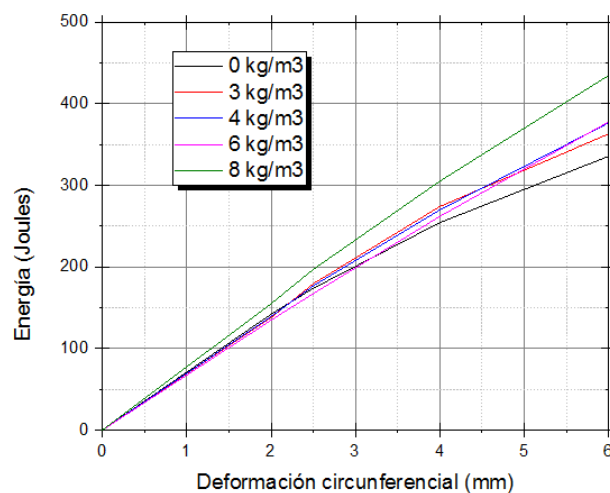


Fig. N° 13 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo B**

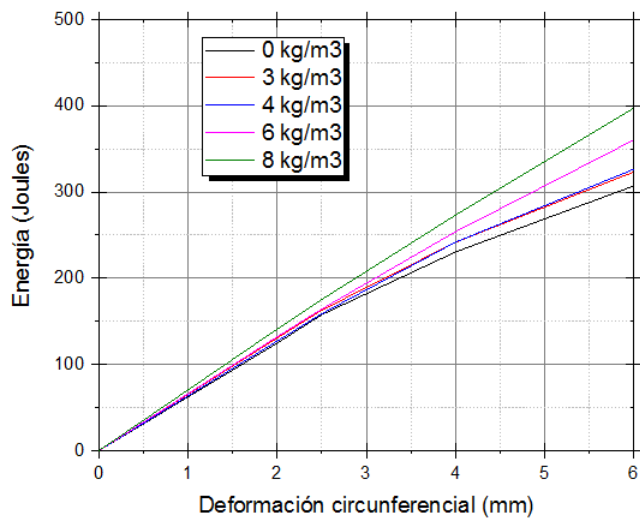


Fig. N° 14 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo C**

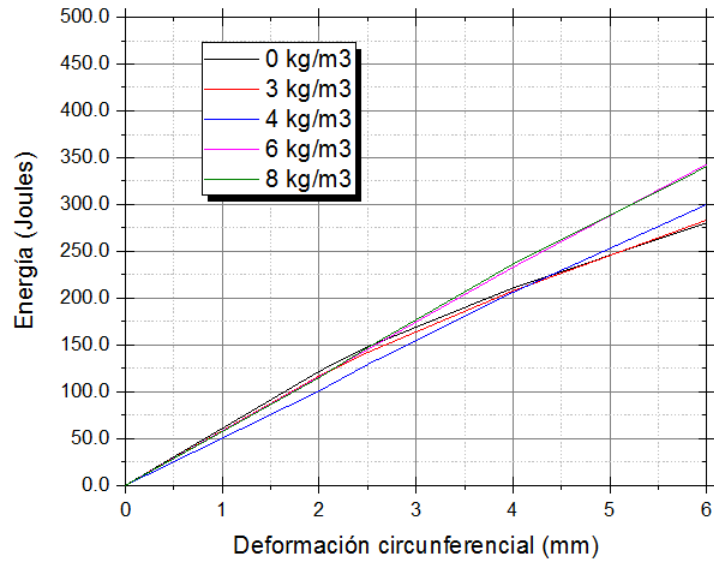


Fig. N° 15 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo D**

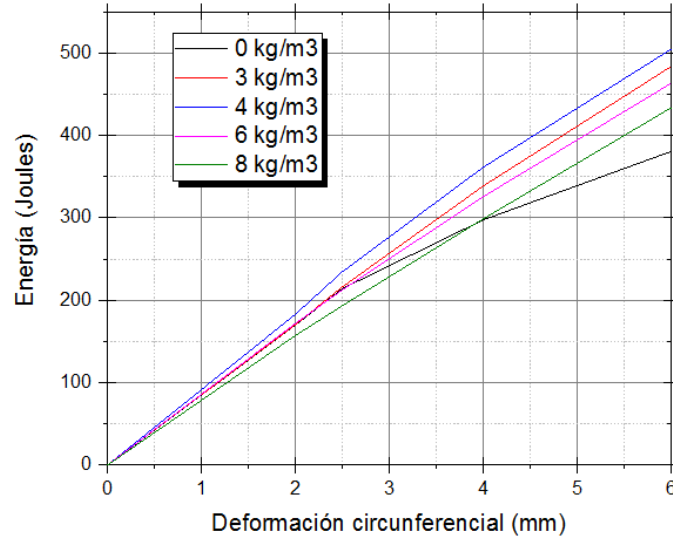


Fig. N° 16 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo E**

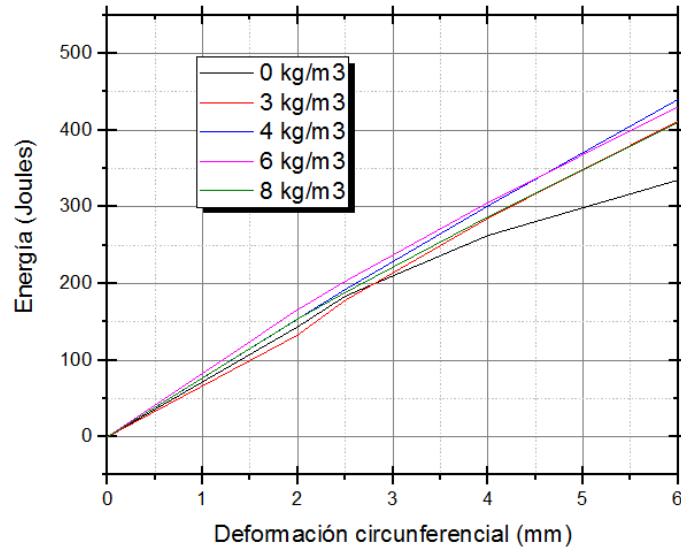
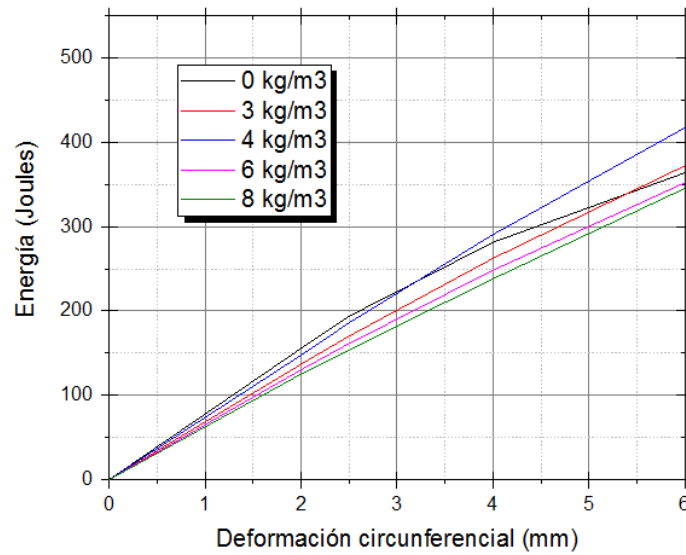


Fig. N° 17 Tenacidad vs. Deformación Circunferencial. **Grupo F**



2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.1. Análisis e Interpretación de Datos

“El autor Ralf Winterberg en su libro de manual de fibras nos dice, que el efecto de la geometría de la fibra: relación de aspecto y textura, inciden en la tenacidad del CRF. Como se observa en la fig. N° 2 (mencionada en el marco teórico), para una fibra que posee mejor adherencia a la matriz cementante”, el concreto intentará romper a la fibra por lo que se genera una deformación antes de llegar a la carga máxima de fisuración. Esto se logra observar de forma típica en las gráficas Carga - Deformación circunferencial presentadas en el apartado anterior.

A continuación, se presentan las gráficas de energía - dosificación de fibra que nos permitió brindar un mejor análisis de los resultados obtenidos de la influencia de la cantidad de fibra para un grupo determinado de probetas.

Los resultados se dividieron en dos grupos: los que presentan un comportamiento no definido y los que presentan un comportamiento definido para esta investigación. Siendo:

Grupo 1

Fig. N° 18 Energía vs. Dosificación Fibra. **Grupo A.**

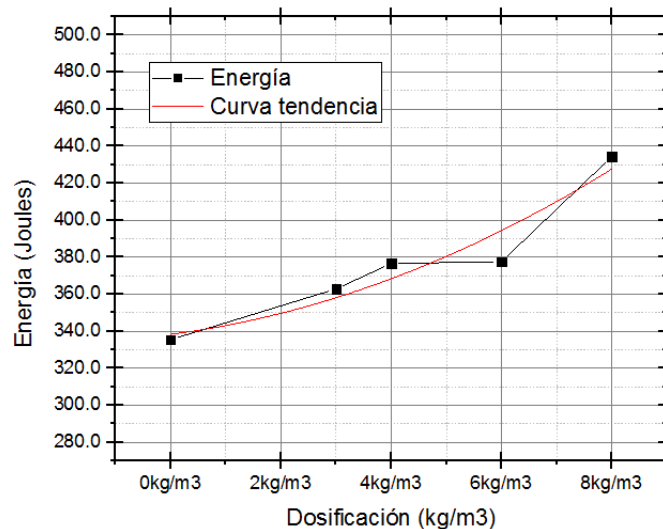


Fig. N° 19 Energía vs. Dosificación Fibra. **Grupo B.**

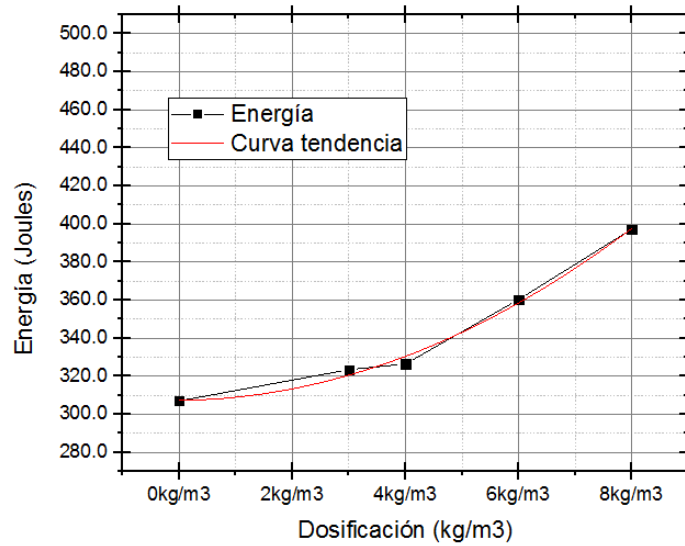
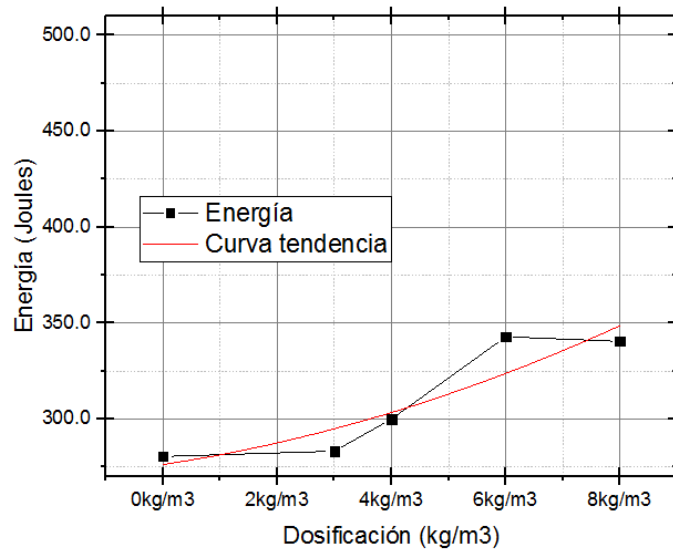


Fig. N° 20 Energía vs. Dosificación Fibra. **Grupo C.**



Este grupo presenta un comportamiento no definido debido a que las gráficas indican que la tenacidad del concreto puede aumentar con una dosificación mayor a 8 kg/m^3 . No se consideró inicialmente trabajar con dosificaciones mayores a 8 kg/m^3 por recomendación del fabricante de las fibras usadas y por antecedentes estudiados,

donde el mayor incremento de tenacidad se logró antes de una dosificación de 8 kg/m^3 , pero con una forma de agregado grueso angular.

El comportamiento de las figuras N° 18, 19 y 20 de este grupo se explica, de acuerdo a Adam Neville en su libro de tecnología del concreto, “que el grado de compactación de las partículas de un tamaño determinado dependen de su forma, determinando la angulosidad del agregado a partir de su proporción de vacíos entre partículas compactadas según una forma prescrita”. Esto nos dice que, para un agregado grueso de forma irregular, el grado de compactación será menor que el de un agregado grueso angular, donde la fibra tendrá mayor contacto con la matriz para la dosificación de 8 kg/m^3 .

Grupo 2

Fig. N° 21 Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo D

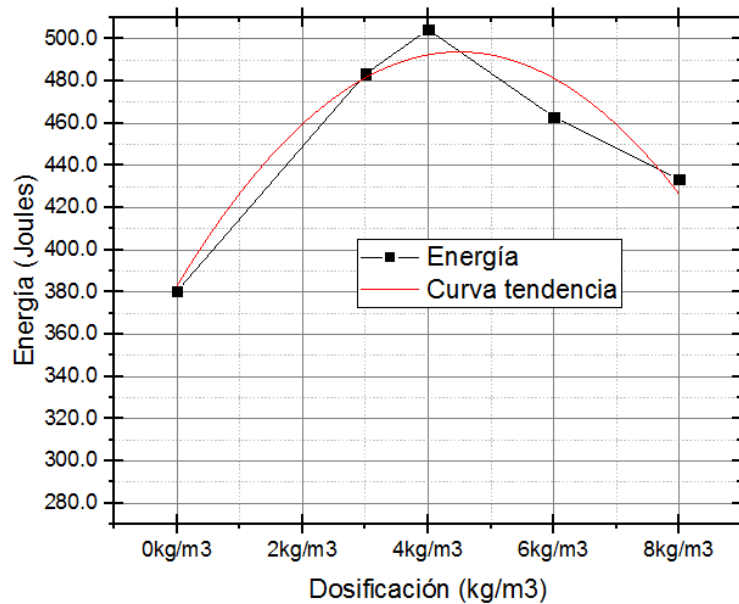


Fig. N° 22 Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo E

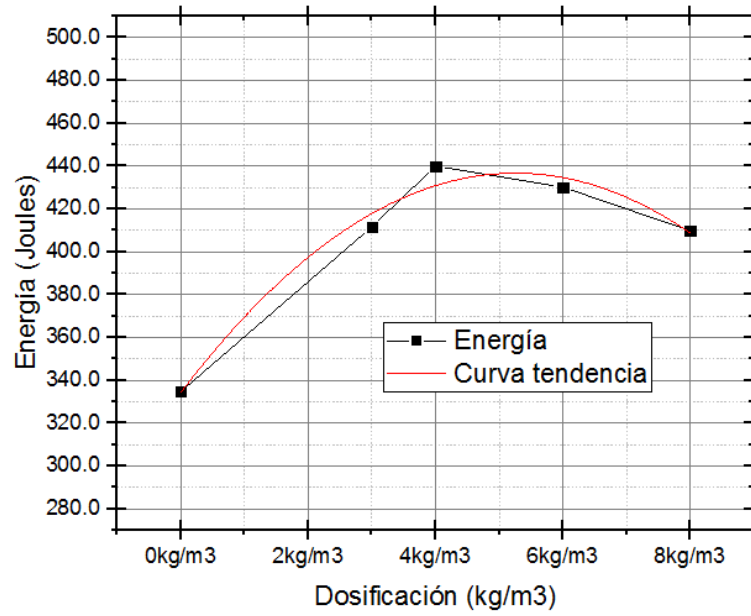
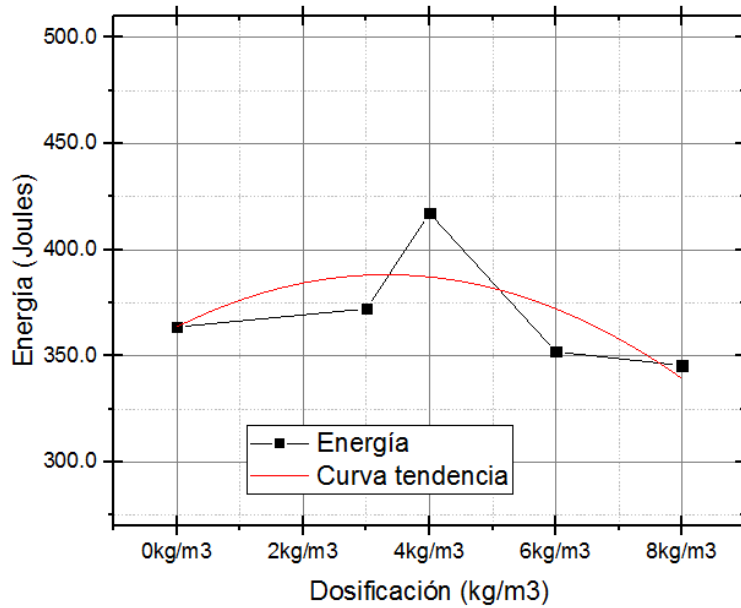


Fig. N° 23 Energía vs. Dosificación Fibra. Grupo F



El grupo dos presenta un comportamiento definido, debido a que el mayor incremento de la tenacidad, se da para una dosificación de 4 kg/m^3 de fibra, presentando posteriormente un descenso de la tenacidad en relación al aumento de dosificación de fibra. Esto se sustenta en lo propuesto por Manuel Fernández Cánovas en su libro “Hormigón”, señalando que “para contenido de fibras alto, conviene utilizar dosificaciones empleando un tamaño máximo y contenido de agregado grueso, a fin de evitar problemas de segregación y falta de homogeneidad. Cuando mayor es el tamaño máximo del agregado, más difícil es lograr buena dispersión de fibras”. Esto indica que para dosificaciones mayores a 4 kg/m^3 con tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ” como se muestra en las figuras N° 21, 22 y 23, ocurre una saturación de fibras, lo cual impide la correcta distribución de la fibra generando puntos débiles en el concreto, disminuyendo la tenacidad. Consecuentemente, al tener un mayor grado de compactación (ver pesos unitarios secos compactados del anexo N°1), en comparación con el agregado grueso de forma irregular, genera menor acomodo de la fibra con el matriz cementante para dosificaciones mayores a 4 kg/m^3 .

CAPITULO IV

1. CONCLUSIONES

- En las mezclas de concreto con agregado grueso de forma irregular y de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", se observó un incremento de la tenacidad conforme fue aumentando la dosificación de fibras, pero no se logró definir de manera precisa la optimización de la tenacidad en este concreto.
- Las mezclas de concreto con agregado grueso de forma angular y de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ ", obtuvieron el mayor incremento de la tenacidad para una dosificación de 4 kg/m^3 , siendo estas 504.50 Joules para una relación a/c de 0.43, 440.04 Joules para una relación a/c de 0.48 y 417.20 Joules para una relación a/c de 0.55.

2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar la investigación con respecto al comportamiento de la tenacidad con agregado de forma irregular para dosificaciones de macro - fibra de polipropileno comprendidas entre 8 kg/cm^3 y 10 kg/cm^3 para un mejor entendimiento de su comportamiento. Ya que el resultado de nuestra investigación nos indica un posible ascenso de tenacidad para testigos con estas características.
- Se recomienda ampliar la investigación, variando los tamaños máximos nominales del agregado grueso; ya que se espera que con menor tamaño de agregado grueso la macro - fibra de polipropileno pueda tener mejor acomodo con la matriz cementante, mejorando así, la tenacidad del concreto en un porcentaje aún mayor.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Libros:

- Pasquel Carbajal, E. (1999). **Tópicos de tecnología del concreto** (2° edición). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo nacional.
- Manuel Fernández Cánovas (2013). **Hormigón** (10° edición) Madrid, Universidad Politécnica de Madrid
- A. M. Neville y J. J. Brooks (2010). **Tecnología del concreto** (2° edición). Inglaterra, Universidad de Leeds.

Artículos Científicos:

- Aire, C. (2016). **Métodos de prueba para evaluar el desempeño del concreto reforzado con fibras en estado plástico y endurecido.** Instituto de ingeniería UNAM, pg. 1 – 25.
- Mendoza, C., Aire, C. y Dávila P. (2011). **Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto en estados plástico y endurecido.** Concreto y cemento: investigación y desarrollo. Vol 2 (2). Pg. 35 – 47.
- Aire, C., Molins, C. Aguado, A. y Zárate, G. (2014). **Nuevo método de prueba para determinar la resistencia a tracción indirecta de concreto reforzado con fibra empleando el ensayo de doble punzonamiento.** Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural. Pg. 1 – 20.
- Aire, C., Climent, M. y Aguado, A. (2013). **Ensayo de doble punzonamiento para concreto reforzado con fibra: efecto del tamaño y origen de la probeta.** Concreto y cemento: investigación y desarrollo. Vol 5 (1). Pg. 17 – 31.

- Juárez Alvarado, C., Rodríguez López, P. (2004). **Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto.** Departamento de tecnología de la madera, FCF - UANL. Vol. 7 (22). Pg. 7 – 19.

Tesis:

- Chen Cheng, A. (2013). **Características mecánicas de hormigones reforzados con fibras a edades muy tempranas.** Tesis para optar por el título de Ingeniero civil. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Bazan Ñazco, L. (2006). **Influencia de la cantidad de fibras de polietileno y del tamaño máximo nominal del agregado grueso en la tenacidad del concreto.** Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.
- Cachay Díaz, Paco Arturo y Contreras Delgado, Weeder Alexander (2014). **Influencia de la forma y textura del agregado grueso de la cantera olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Jaén – Cajamarca.** Trabajo de investigación para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

Normas:

- Fabricación y conservación de probetas para los ensayos de laboratorio (UNE 83504). Hormigones con fibra, grupo 3, noviembre del 2004.
- Fabricación en laboratorio (UNE 83502). Hormigones con fibra, grupo 2, noviembre del 2004.

- Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción, método Barcelona (UNE 83515). Hormigones con fibra, grupo 4, julio 2010.
- Standard Test Method for bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate (ASTM C29) – Reapproved July, 2003.
- Standard Specification for Concrete Aggregates (ASTM C33) – Approved July, 2003.
- Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens (ASTM C39) – Approved October, 2003.
- Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates (ASTM C125 - 03) – Approved July, 2003.
- Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate (ASTM C127 - 01) – Approved October, 2001.
- Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. (ASTM C128 - 01) – Approved October, 2001.
- Standard Test Method for sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates (ASTM C136 - 01) – Approved August, 2001.
- Standard Test Method for slump of Hydraulic-Cement Concrete (ASTM C143 - 03) – Approved September, 2003.
- Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete (ASTM C494 - 04) – Approved January, 2001.

- Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying (ASTM C566 - 97) Published March 2004.
- Standard Practice for Reducing Samples of Aggregate to Testing Size (ASTM C702 - 98) Published December 1998.
- Standard Practice for Sampling Aggregates (ASTM D75 - 03) Published September, 2003.

ANEXOS

ANEXO N° 1: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

Como se mencionó en el Capítulo II, para esta investigación se identificó las características de los agregados, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla N° 15 Características físicas del Agregado Grueso

ORIGEN: FERRETERIA EL DIAMANTE		
AGREGADO GRUESO DE FORMA IRREGULAR		
PROPIEDAD MECANICA	VALOR	UNIDAD
Peso Unitario Seco Compactado	1551	kg/m ³
Peso Específico Seco	2471	kg/m ³
Contenido de Humedad	0.40	%
Capacidad de absorción	1.10	%

ORIGEN: CANTERA SILVA		
AGREGADO GRUESO DE FORMA ANGULAR		
PROPIEDAD MECANICA	VALOR	UNIDAD
Peso Unitario Seco Compactado	1561	kg/m ³
Peso Específico Seco	2588	kg/m ³
Contenido de Humedad	0.30	%
Capacidad de absorción	0.80	%

Tabla N° 16 Características físicas del Agregado Fino

ORIGEN: CANTERA SILVA		
AGREGADO FINO		
PROPIEDAD MECANICA	VALOR	UNIDAD
Módulo de Fineza	2.18	-
Peso Específico Seco	2510	kg/m ³
Contenido de Humedad	0.60	%
Capacidad de absorción	1.20	%

ANEXO N° 2: ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS AGREGADOS

Para esta investigación se trabajó con agregados del mercado local, para igualar las condiciones de una obra. Se emplearon agregados provenientes de una cantera y de una ferretería. Siendo el agregado angular (piedra chancada) proveniente de la cantera Silva y el agregado irregular (gravilla) y la arena de la ferretería “El Diamante”.

El agregado angular procedente de la cantera Silva, presenta mejores características granulométricas que el procedente de la ferretería “El Diamante”; debido a que previo a la realización de los ensayos se observó tamaños de partículas mayores al solicitado ($\frac{3}{4}$ ”). Encontrando tamaños de partículas mayores a 1”. Debido a esto se tuvo que tamizar el agregado y eliminar el material retenido en la malla de 1”.

Según la ASTM C – 33, ambos agregados gruesos de diferente forma –angular e irregular–, cumplen con los límites granulométricos estipulados por la presente norma. A continuación, se detalla los resultados obtenidos del ensayo granulométrico:

Tabla N° 17 Granulometría del agregado de forma Angular

Tamiz	Masa de la muestra (gr): 5005.3			
	Peso(gr)	% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa
2 ½"	-	-	-	-
2"	-	-	-	-
1 ½"	-	-	-	-
1"	0.000	0.0	0.0	100
¾"	2419.800	48.6	48.6	51.4
½"	1992.400	40.0	88.6	11.4
⅜"	411.000	8.3	96.8	3.2
N°4	156.900	3.1	100.0	0.02
N°8	-	-	-	-
N°16	-	-	-	-
N°30	-	-	-	-
N°50	-	-	-	-
N°100	-	-	-	-
N°200	-	-	-	-
Fondo	1.000	0.020	100	0.00
Σ	4981.1	100.0	100	0.00

Tamaño Máximo:	1"		
Tamaño Máximo Nominal:	3/4"	Masa Inicial (gr):	5005.300
Módulo de finura	7.45	Masa Final (gr):	4981.100
Error (%):	0.48		

Limites ASTM C-33 para piedra tamaño N° 56 de 1" a 3/8"				
Tamiz	Diámetro (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)	Porcentaje que pasa (%)
1 1/2"	37.50	100	100	100
1"	25.00	100	90	100
3/4"	19.00	85	40	51.4
1/2"	12.50	40	10	11.4
3/8"	9.50	15	0	3.17
N°4	4.75	5	0	0.02
N°8	2.36	-	-	-

Fig. N° 24 Curva Granulométrica para el agregado grueso Angular

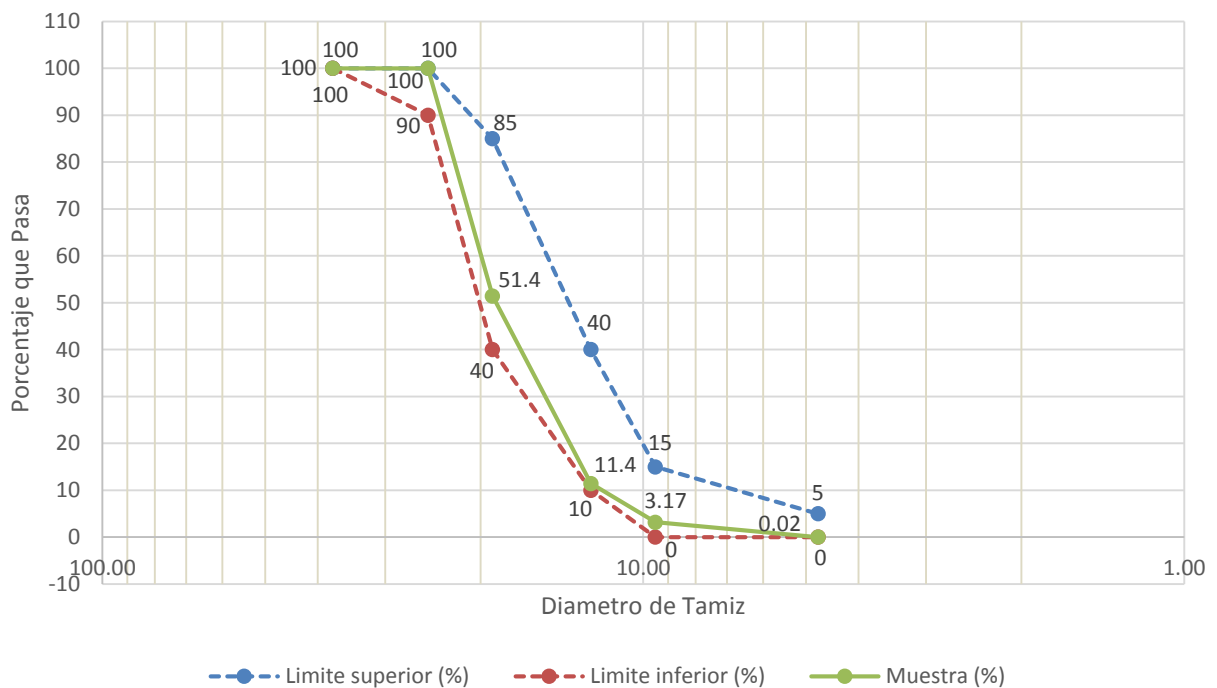


Tabla N° 18 Granulometría del agregado de forma Irregular

Masa de la muestra (gr): 5095.5				
Tamiz	Peso(gr)	% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa
2 ½"	-	-	-	-
2"	-	-	-	-
1 ½"	-	-	-	-
1"	0.000	0.0	0.0	100
¾"	3535.100	69.4	69.4	30.6
½"	1290.700	25.3	94.7	5.3
⅜"	144.800	2.8	97.5	2.5
N°4	116.300	2.3	99.8	0.2
N°8	-	-	-	-
N°16	-	-	-	-
N°30	-	-	-	-
N°50	-	-	-	-
N°100	-	-	-	-
N°200	-	-	-	-
Fondo	8.600	0.17	100	0.00
Σ	5095.500	100.0	100	0.00

Tamaño Máximo:	1"		
Tamaño Máximo Nominal:	¾"	Masa Inicial (gr):	5095.500
Módulo de finura	7.67	Masa Final (gr):	5095.500
Error (%):	0.00		

Limites ASTM C-33 para piedra tamaño N° 5 de 1" a 1/2"				
Tamiz	Diámetro (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)	Porcentaje que pasa (%)
1"	25.00	100	90	100.0
¾"	19.00	55	20	30.6
½"	12.50	10	0	5.3
⅜"	9.50	5	0	2.5

Fig. N° 25 Curva Granulométrica para el agregado grueso Irregular

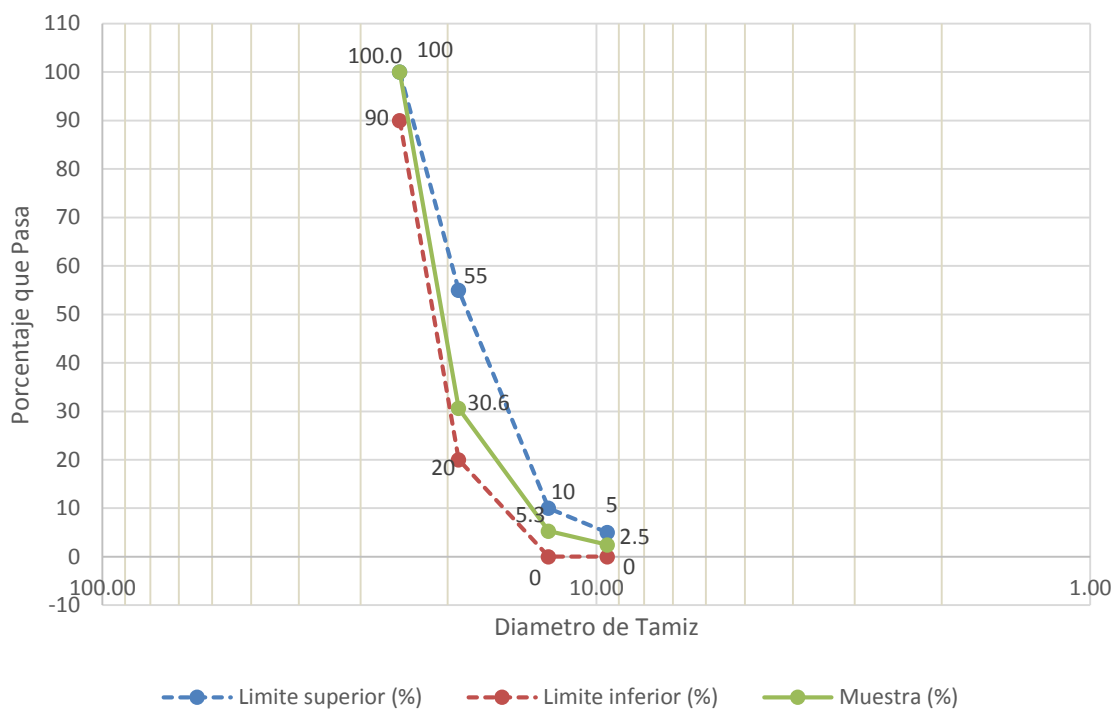


Fig. N° 26 Curva Granulométrica para la Arena Gruesa

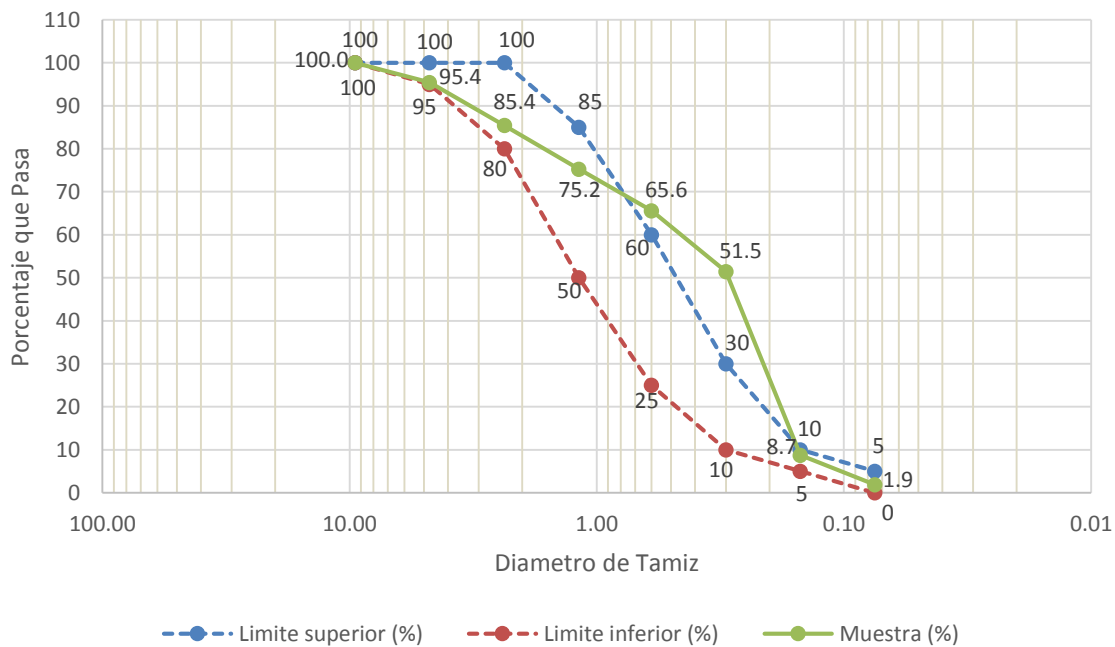


Tabla N° 19 Granulometría de la Arena Gruesa

Masa de la muestra (gr): 504.1				
Tamiz	Peso(gr)	% Retenido	% Ret. Acum.	% Pasa
2 ½"	-	-	-	-
2"	-	-	-	-
1 ½"	-	-	-	-
1"	-	-	-	-
¾"	-	-	-	-
½"	-	-	-	-
3/8"	0.000	0.0	0.0	100
N°4	22.800	4.6	4.6	95.4
N°8	49.900	10.0	14.6	85.4
N°16	50.700	10.2	24.8	75.2
N°30	48.200	9.7	34.4	65.6
N°50	70.400	14.1	48.5	51.5
N°100	212.900	42.7	91.3	8.7
N°200	34.200	6.9	98.1	1.9
Fondo	9.400	1.9	100	0.0
Σ	498.500	100.0	100	0.0

Tamaño Máximo:	3/8"		
Tamaño Máximo Nominal:	N°4	Masa Inicial (gr):	504.100
Módulo de finura	2.18	Masa Final (gr):	498.500
Error (%):	1.11		

Limites ASTM C-33 para Arena				
Tamiz	Diámetro (mm)	Límite superior (%)	Límite inferior (%)	Porcentaje que pasa (%)
3/8"	9.50	100	100	100.0
N°4	4.75	100	95	95.4
N°8	2.36	100	80	85.4
N°16	1.18	85	50	75.2
N°30	0.60	60	25	65.6
N°50	0.30	30	10	51.5
N°100	0.15	10	5	8.7
N°200	0.075	5	0	1.9

ANEXO N° 3: DISEÑOS DE MEZCLA

Después de determinar las propiedades físicas de los agregados se procedió a elaborar los diseños de mezcla para esta investigación; en base a estos se añadió las dosificaciones de fibra ya mencionadas anteriormente, en función al peso del concreto para cada diseño. A continuación se muestra la dosificación por metro cubico de concreto para las diferentes relaciones agua/cemento y formas de agregado grueso:

Tabla N° 20 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo A**

FORMA IRREGULAR R. a/c 0.43		
DOSIFICACIÓN Kg/m³		
Cemento	476.74	kg
Agregado Grueso	1062.01	kg
Agregado Fino	485.15	kg
Agua de Mezcla	215.30	kg
Aditivo	3.81	kg
Aire atrapado	2.00	%

Tabla N° 21 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo B**

FORMA IRREGULAR R. a/c 0.48		
DOSIFICACIÓN Kg/m³		
Cemento	427.08	kg
Agregado Grueso	1062.01	kg
Agregado Fino	525.86	kg
Agua de Mezcla	215.54	kg
Aditivo	3.42	kg
Aire atrapado	2.00	%

Tabla N° 22 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo C**

FORMA IRREGULAR R. a/c 0.55		
DOSIFICACIÓN Kg/m³		
Cemento	372.73	kg
Agregado Grueso	1062.01	kg
Agregado Fino	570.43	kg
Agua de Mezcla	215.81	kg
Aditivo	2.98	kg
Aire atrapado	2.00	%

Tabla N° 23 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo D**

FORMA ANGULAR R. a/c 0.43		
DOSIFICACIÓN Kg/m3		
Cemento	476.74	kg
Agregado Grueso	1067.80	kg
Agregado Fino	527.36	kg
Agua de Mezcla	213.47	kg
Aditivo	3.81	kg
Aire atrapado	2.00	%

Tabla N° 24 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo E**

FORMA ANGULAR R. a/c 0.48		
DOSIFICACIÓN Kg/m3		
Cemento	427.08	kg
Agregado Grueso	1067.80	kg
Agregado Fino	568.08	kg
Agua de Mezcla	213.71	kg
Aditivo	3.42	kg
Aire atrapado	2.00	%

Tabla N° 25 Dosificación en peso por metro cubico de concreto. **Grupo F**

FORMA ANGULAR R. a/c 0.55		
DOSIFICACIÓN Kg/m3		
Cemento	372.73	kg
Agregado Grueso	1067.80	kg
Agregado Fino	612.64	kg
Agua de Mezcla	213.98	kg
Aditivo	2.98	kg
Aire atrapado	2.00	%

ANEXO N° 4: ENSAYO DE COMPRESIÓN

Para conocer la resistencia a la compresión de cada uno de los diseños de concreto, se realizó previamente al ensayo de tenacidad un ensayo de compresión según la norma ASTM C-39. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla N° 26 Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla. **Grupos A, B y C**

FORMA ANGULAR CON ADITIVO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS		
Diseño de Mezcla	Resistencia	Unidad
Relación a/c 0.43	325.83	kg/cm ²
Relación a/c 0.48	301.83	kg/cm ²
Relación a/c 0.55	202.02	kg/cm ²

FORMA ANGULAR SIN ADITIVO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS		
Diseño de Mezcla	Resistencia	Unidad
Relación a/c 0.43	312.78	kg/cm ²
Relación a/c 0.48	262.24	kg/cm ²
Relación a/c 0.55	227.80	kg/cm ²

Tabla N° 27 Resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla. **Grupos D, E y F**

FORMA IRREGULAR CON ADITIVO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS		
Diseño de Mezcla	Resistencia	Unidad
Relación a/c 0.43	280.58	kg/cm ²
Relación a/c 0.48	230.56	kg/cm ²
Relación a/c 0.55	193.35	kg/cm ²

FORMA IRREGULAR SIN ADITIVO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS		
Diseño de Mezcla	Resistencia	Unidad
Relación a/c 0.43	269.31	kg/cm ²
Relación a/c 0.48	216.23	kg/cm ²
Relación a/c 0.55	269.53	kg/cm ²

La resistencia a la compresión de los diseños de concreto para las relaciones a/c 0.43 y 0.48 aumento con el uso de un 0.80 % de aditivo plastificante, en diferencia a la relación a/c de 0.55 que se vio disminuida. Esto debido a que la relación a/c de 0.55 al tener mayor cantidad de agua y agregarle aditivo plastificante causo segregación en la mezcla y eso redujo su resistencia.

ANEXO N° 5: CUADRO RESUMEN DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

Tabla N° 28 Resumen de las propiedades de los diseños de concreto

N°	Código	Características de los testigos de concreto					Datos de los diseños de mezcla			
		f'c (Kg/cm2)	Slump (pulg)	Peso (Kg)	Volumen (m3)	Densidad* (kg/m3)	Rel. a/c	Dos. fibra (kg/m3)	% Aditivo (%)	Forma del Agregado
1	A-1	280.58	7	6.339	0.003	2391.55	0.43	0	0.8	I
2	A-2		6 ½	6.287	0.003	2371.68	0.43	3	0.8	I
3	A-3		4	6.354	0.003	2397.09	0.43	4	0.8	I
4	A-4		2 ½	6.307	0.003	2379.35	0.43	6	0.8	I
5	A-5		1 ½	6.320	0.003	2384.38	0.43	8	0.8	I
6	B-1	230.56	8 ½	6.276	0.003	2367.66	0.48	0	0.8	I
7	B-2		5 7/8	6.270	0.003	2365.27	0.48	3	0.8	I
8	B-3		6	6.236	0.003	2352.44	0.48	4	0.8	I
9	B-4		4	6.248	0.003	2357.22	0.48	6	0.8	I
10	B-5		3 1/8	6.298	0.003	2375.96	0.48	8	0.8	I
11	C-1	193.35	10	6.290	0.003	2372.94	0.55	0	0.8	I
12	C-2		7 ½	6.319	0.003	2383.88	0.55	3	0.8	I
13	C-3		6 ¼	6.300	0.003	2376.59	0.55	4	0.8	I
14	C-4		4 7/8	6.333	0.003	2389.04	0.55	6	0.8	I
15	C-5		4	6.227	0.003	2349.30	0.55	8	0.8	I
16	D-1	325.83	8	6.263	0.003	2362.88	0.43	0	0.8	A
17	D-2		2 3/8	6.330	0.003	2388.03	0.43	3	0.8	A
18	D-3		1 1/8	6.307	0.003	2379.23	0.43	4	0.8	A
19	D-4		1	6.377	0.003	2405.64	0.43	6	0.8	A
20	D-5		7/8	6.361	0.003	2399.60	0.43	8	0.8	A
21	E-1	301.83	7 ¾	6.267	0.003	2364.14	0.48	0	0.8	A
22	E-2		3 1/8	6.347	0.003	2394.32	0.48	3	0.8	A
23	E-3		2 ½	6.347	0.003	2394.32	0.48	4	0.8	A
24	E-4		2 3/8	6.280	0.003	2369.17	0.48	6	0.8	A
25	E-5		1 ½	6.355	0.003	2397.59	0.48	8	0.8	A

26	F-1	202.02	10 ½	6.279	0.003	2368.92	0.55	0	0.8	A
27	F-2		5	6.383	0.003	2408.15	0.55	3	0.8	A
28	F-3		3	6.327	0.003	2386.77	0.55	4	0.8	A
29	F-4		2 5/8	6.323	0.003	2385.52	0.55	6	0.8	A
30	F-5		2	6.267	0.003	2364.14	0.55	8	0.8	A
31	G-1	269.31	3 ½	13.248	0.005	2498.85	0.43	-	-	I
32	G-2	280.58	7	13.551	0.005	2556.10	0.43	-	0.8	I
33	H-1	216.23	5	13.523	0.005	2550.72	0.48	-	-	I
34	H-2	230.56	8 ½	13.258	0.005	2500.83	0.48	-	0.8	I
35	I-1	269.53	7	13.158	0.005	2481.97	0.55	-	-	I
36	I-2	193.35	10	12.484	0.005	2354.83	0.55	-	0.8	I
37	J-1	312.78	2 3/8	13.514	0.005	2549.12	0.43	-	-	A
38	J-2	325.83	8	13.470	0.005	2540.82	0.43	-	0.8	A
39	K-1	262.24	3 ½	13.347	0.005	2517.62	0.48	-	-	A
40	K-2	301.83	7 5/8	13.445	0.005	2536.10	0.48	-	0.8	A
41	L-1	227.80	5 ½	13.555	0.005	2556.85	0.55	-	-	A
42	L-2	202.02	10 ½	13.350	0.005	2518.18	0.55	-	0.8	A

***Densidad saturada del concreto en estado endurecido.**

ANEXO N° 6: REGISTRO FOTOGRÁFICO

El registro fotográfico es fuente de elaboración propia.



Foto N°7: Cantera Silva, equipo de chancado.



Foto N°8: Apilado del agregado angular de $\frac{3}{4}$ ".



Foto N°9 Cuarteo del Material (a).



Foto N°10: Cuarteo del Material (b).



Foto N°11: Material seleccionado para los ensayos previos al diseño de mezcla.



Foto N°12: Moldes de 15 cm x 15 cm para el moldeo de probetas testigo.



Foto N°13: Ambiente de preparación de probetas de ensayo.



Foto N°14: Macro-fibra de polipropileno.



Foto N°15: Preparación de mezcla de concreto en mezcladora eléctrica (a).



Foto N°16: Preparación de mezcla de concreto en mezcladora eléctrica (b).



Foto N°17: Introducción de macro-fibras a la mezcla de concreto.



Foto N°18: Vertido de concreto con fibras.



Foto N°19: Homogenizando las fibras con la mezcla de concreto.



Foto N°20: Prueba del slump.



Foto N°21: Moldeo de Probetas testigo.



Foto N°22: Probetas testigo moldeadas.



Foto N°23: Desencofrado de probetas testigo.



Foto N°24: Probetas testigo extraídas de la posa de curado a los 28 días.



Foto N°25: Lugar de curado de probetas testigo.



Foto N°26: Refrentado con azufre de testigos (a).



Foto N°27: Refrentado con azufre de testigos (b).



Foto N°28: Equipo de investigación.



Foto N° 29: Patrón de fisuración del ensayo de doble punzonamiento.



Foto N° 30: Distribución del agregado grueso (a), y las fibras (b) en la matriz del concreto.

**ANEXO N° 7: PROPIEDADES DEL ADITIVO
PLASTIFICANTE**

Hoja de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1
(ver instrucciones en Anexo de 93/112/EC)

Construcción

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Sika® Cem Plastificante

Usos recomendados:

Aditivo para concreto / Superplastificante

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.
Dirección	Centro Industrial "Las Praderas de Lurín" S/N Mz. "B" Lote 5 y 6
Código postal y ciudad	Lima 16 – Lurín
País	Perú
Número de teléfono	(51 1) 618 –6060
Telefax	(51 1) 618-6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Descripción Química

Solución acuosa conteniendo un polímero nafténico

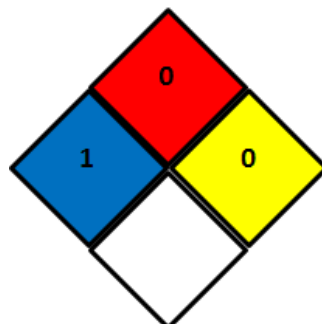
Componentes Peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC

Número CAS	Concentración	Símbolo de Peligro	Frases R
Formaldehido 50-00-0	< 1%	T	23/24/25/34/37/40/ 43
			Frases S
			2/20/21/24/26/28/3 6/37/39/45/46/51

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Riesgos de Materiales según NFPA



Salud: 1

Inflamabilidad: 0

Reactividad :0

Ver capítulo 11 y 12

4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.

En caso de inhalación

Procurar aire fresco

Si se sienten molestias, acudir al médico

En caso de contacto con la piel

Si se presentan síntomas de irritación, acudir al médico.

En caso de contacto con los ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos.

Tratamiento médico necesario.

En caso de ingestión

No provocar el vómito

Requerir inmediatamente ayuda médica

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

Elegir los medios de extinción según el incendio circundante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

N.A.

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos

En caso de incendio puede(n) desprenderse:

- 1 Dióxido de azufre (SO₂)
- 1 Oxidos de nitrógeno (NO₂)
- 1 Amoniac (NH₃)

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

Usar equipo respiratorio autónomo

Indicaciones adicionales

- Refrigerar con agua pulverizada los recipientes en peligro
- Los restos de incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

Procurar ventilación suficiente.

Medidas de protección del medio ambiente

- En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.

Métodos de limpieza

- Recoger con materiales absorbentes adecuados.
- Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".
- Eliminar los residuos con agua.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Temperatura autoinflamación	N.A.	
-----------------------------	------	--

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Indicaciones para la protección contra incendios y explosión

No aplicable.

Almacenamiento

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

- Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

- 1 Manténgalo alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

- 1 Proteger de las heladas
- 1 Proteger de temperaturas elevadas y de los rayos solares directos.

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección personal

Medidas generales de protección e higiene

- No respirar los vapores.
- Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.
- No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.
- Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.

Protección respiratoria

N.A.

Protección de las manos

- Guantes de caucho.

Protección de los ojos

- Gafas protectoras.

Protección corporal

- Ropa de trabajo.



9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto

Estado Físico	Líquido
Color	Marrón oscuro
Olor	Característico

Datos significativos para la seguridad

		Método
Punto de ebullición	> 100°C	
Punto de Inflamación	N.A.	

Presión de Vapor a 20°C	N.A.	
Densidad a 20°C	1.18 +/- 0.02 g/cm ³	
Solubilidad en agua a 20°C	El producto es miscible	
pH a 20°C (c indefinida)	7.0 +/- 1.0	

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Condiciones que deben evitarse

No se conocen

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas

Almacenado y manipulado el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas.

Descomposición Térmica y Productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Sensibilización

No se conocen efectos sensibilizantes a largo plazo.

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel

- Puede causar irritación

Contacto con los ojos

- Irritación

Inhalación

- Puede causar irritación

Ingestión

- Puede causar perturbaciones en la salud.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Indicaciones adicionales

Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, evitar derrames en tierra y agua.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Producto

Recomendaciones

Observadas las norma en vigor, debe ser tratado en un centro de eliminación de residuos industriales.

Envases / embalajes sin limpiar

Recomendaciones

Envases / Embalajes totalmente vacíos pueden destinarse a reciclaje.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

Información Complementaria

Mercancía no regulada

IMO / IMDG

Información Complementaria

Mercancía no regulada

Construcción

IATA / ICAO

Información Complementaria

Mercancía no regulada

15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Etiquetado según 88/379/EEC

Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

16. OTRAS INFORMACIONES

Definición de abreviaturas:

CAS:	Chemical Abstract Number
NA:	No aplica
ND:	No disponible
ONU:	Organización de Naciones Unidas
ADR:	Acuerdo Europeo concerniente a la carga de materiales peligrosos por carretera.
RID:	Acuerdo Europeo Concerniente a la carga de materiales peligrosos por ferrocarril.
IMO:	Organización Marítima Internacional
IATA:	Asociación Internacional de Transporte Aéreo
ICAO:	Organización Internacional de Aviación Civil.

En caso de emergencia consultar a Aló EsSalud
Teléfono: 472-2300 ó 0801-10200

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°1
la misma que deberá ser destruida”**

Advertencia:

La información contenida en esta Hoja de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización. Los usuarios deben remitirse a la última edición de las Hojas de Seguridad 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

Aprobado por: GMS

Construcción

HOJA TÉCNICA

Sika® Cem Plastificante

Super plastificante para mezclas de Concreto Y Mortero

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika® Cem Plastificante es un aditivo súper plastificante para mezclas de concreto, permite una reducción de agua de hasta 20% según la dosificación utilizada.

Sika® Cem Plastificante no contiene cloruros y no ejerce ninguna acción corrosiva sobre las armaduras.

USOS

Sika® Cem está particularmente indicado para:

- Todo tipo de mezclas de concreto o mortero que requiera reducir agua, mejorar la trabajabilidad (fluidez del concreto) o ambos casos para lograr reducir costos de: mano de obra, materiales (cemento) y/o tiempo.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® Cem Plastificante tiene las siguientes ventajas:

- Aumento de las resistencias mecánicas.
- Mejores acabados.
- Mayor adherencia al acero.
- Mejor trabajabilidad (fluidez) en el tiempo.
- Permite reducir hasta el 20% del agua de la mezcla.
- Aumenta la impermeabilidad y durabilidad del concreto.
- Facilita el bombeo del concreto a mayores distancias y alturas.
- Ayuda a reducir la formación de cangrejeras.

NORMAS

ESTÁNDARES

Sika® Cem Plastificante cumple con la Norma ASTM C 494, tipo D y tipo G.

DATOS BÁSICOS

FORMA

COLORES

Pardo oscuro.

PRESENTACIÓN

- Envase PET x 4 L
- Balde x 20 L

ALMACENAMIENTO	CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Un año en su envase original bien cerrado y bajo techo en lugar fresco resguardado de heladas. Para el transporte debe tomarse las precauciones normales para el manejo de un producto químico.
-----------------------	---

DATOS TÉCNICOS	DENSIDAD 1,20 kg/L ± 0,02 USGBC VALORACIÓN LEED Sika® Cem Plastificante cumple con los requerimientos LEED. Conforme con el LEED V3 IEQc 4.1 Low-emitting materials - adhesives and sealants. Contenido de VOC < 420 g/L (menos agua)
-----------------------	---

INFORMACIÓN DEL SISTEMA

DETALLES DE APLICACIÓN	CONSUMO / DOSIS <ul style="list-style-type: none"> ▪ Como plastificante: 250 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg. ▪ Como superplastificante: hasta 500 mL por bolsa de cemento de 42.5 Kg.
-------------------------------	--

MÉTODO DE APLICACIÓN	MODO DE EMPLEO Adicionar a la mezcla de concreto preferentemente una vez amasado y haciendo un re-mezclado de al menos 1 minuto por cada tanda.
-----------------------------	---

BASES	PRECAUCIONES Limpie todas la herramientas y equipos de aplicación con agua inmediatamente después de su uso. Los datos técnicos indicados en esta hoja técnica están basados en ensayos de laboratorio. Los datos reales pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
--------------	---

BASES	Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica 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.
------------------------------	--

INFORMACIÓN DE SEGURIDAD E HIGIENE	Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.
---	---

NOTAS LEGALES	La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados.
----------------------	---

Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de 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 N° 2
la misma que deberá ser destruida”**

PARA MÁS INFORMACIÓN SOBRE Sika® Cem Plastificante :

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



2.- SIKa CIUDAD VIRTUAL



Sika Perú S.A.
Concrete
Centro Industrial "Las Praderas
de Lurín S/N - Mz "B" Lote 5 y
6, Lurín
Lima
Perú
www.sika.com.pe

Hoja Técnica
Sika® Cem Plastificante
22.01.15, Edición 3

Versión elaborada por: Sika Perú S.A.
CG, Departamento Técnico
Telf: 618-6060
Fax: 618-6070
Mail: informacion@pe.sika.com



ANEXO N° 8: PROPIEDADES DE LA MACRO-FIBRA



Monofilamento Sintético Estructural

PRESENTA



POLYSTARK
MONOFILAMENTO SINTÉTICO ESTRUCTURAL

PL60

El mejor refuerzo
para su construcción.

POLYSTARK

MONOFILAMENTO SINTÉTICO ESTRUCTURAL

PL 60

La macro fibra sintética estructural para concreto PL 60 se caracteriza por tener un excelente agarre con el concreto, incrementar notablemente la resistencia a la flexión y reducir el agrietamiento. La PL 60 refuerza el concreto en 3 dimensiones.

Beneficios

- Libre de corrosión
- Más seguro y ligero de manipular que el acero.
- Aumenta la eficiencia y productividad vs el acero.
- Menor impacto ambiental que el acero.
- Menor costo de mano de obra vs el uso del acero.
- Mayor resistencia contra el fisuramiento.
- Mejora la resistencia a la compresión y flexión del concreto.

Característica	Propiedad del material
Material Base	Olefina Modificada
Longitud	58 mm
Tensión a la rotura	500 MPa
Textura de la superficie	Moleteado
Fibras por kg.	> 32,500
Densidad relativa	0.90 - 0.92
Punto de fusión	150° C - 170° C
Aplicaciones	Losas, prefabricados



Dosaje

Polystark PL 60 tiene una dosificación regular de 2 kg a 10 kg por metro cúbico. El dosaje se debe determinar en base a los requerimientos de la aplicación.

Mezclado

La macro fibra PL 60 ha sido embalada en sacos de papel hidrosoluble para reducir los residuos y facilitar el manipuleo. Se puede añadir en cualquier punto de la preparación de la mezcla y se debe mezclar en el trompo a velocidad alta por al menos 1 minuto por saco.

Vaciado

La PL 60 permite el vaciado con facilidad en cualquier condición de trabajo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : FIBRAS CORTADAS Y MONOFILAMENTOS S.A.C.
Obra : PARTICULAR - MAXIMIX
Ubicación : HUACHIPA
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 16-3831
Recibo N° : 52607
Fecha de emisión : 15/09/2016

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto.
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ELE INTERNATIONAL.
Certificado de Calibración CMC-099-2016
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	28 7 KG	18/08/2016	15/09/2016	80.4	24,774	308	Tipo 5
2	28 4 KG	18/08/2016	15/09/2016	80.5	22,620	281	Tipo 5

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. L. O. R.



Analyte

Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : FIBRAS CORTADAS Y MONOFILAMENTOS SAC
Obra : VIGUETAS PERU SAC
Ubicación : HUACHIPA
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión
Expediente N° : 16-3380
Recibo N° : 52133
Fecha de emisión : 10/08/2016

1. DE LA MUESTRA : Consistente en 2 probetas cilíndricas de concreto
2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial TINIUS OLSEN.
Certificado de Calibración CMC-103-2015
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.034:2015.
Procedimiento interno AT-PR-12.
4. RESULTADOS :

N°	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	FECHA DE OBTENCIÓN	FECHA DE ENSAYO	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
1	CON MACRO	03/08/2016	10/08/2016	81.7	30,000	367	Tipo 2
2	SIN MACRO	03/08/2016	10/08/2016	80.4	28,000	348	Tipo 2

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. E. V. Q.



Ms. Ing. Aña Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : FIBRAS CORTADAS Y MONOFILAMENTOS S.A.C.
Obra : PARTICULAR
Ubicación : CALLAO
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con cargas a los tercios del tramo
Expediente N° : 16-3642
Recibo N° : 60025
Fecha de emisión : 06/09/2016

1. DE LA MUESTRA : Consistente en una vigueta de concreto con piedra de 1/2" sin fibra y dimensiones de 15.2 x 15.3 x 52 cm, porcionada por el cliente.

Fecha de vaciado : 14/06/2016

Fecha de ensayo : 05/09/2016

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal ALFRED J. AMSLER.
Certificado de Calibración CMC-100-2016

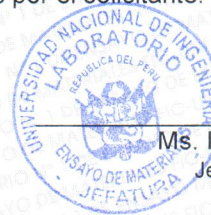
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078:2012.

4. RESULTADOS :

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
VIGA	23	45	52	15.2	15.3	790.4	2350	29.7

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. V. G. R.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N°1 ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : FIBRAS CORTADAS Y MONOFILAMENTOS S.A.C.
Obra : PARTICULAR
Ubicación : ATE
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Flexión con cargas a los tercios del tramo
Expediente N° : 16-3692
Recibo N° : 60165
Fecha de emisión : 06/09/2016

1. DE LA MUESTRA : Consistente en una vigueta de concreto con piedra de 1/2", fibra estructural sintética y dimensiones de 15.0 x 15.3 x 52 cm, porcionada por el cliente.

Fecha de vaciado : 14/06/2016

Fecha de ensayo : 06/09/2016

2. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo universal ALFRED J. AMSLER.
Certificado de Calibración CMC-100-2016

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.078:2012.

4. RESULTADOS :

MUESTRAS	EDAD DE LA MUESTRA (días)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	DIMENSIONES (cm)			ÁREA (cm ²)	CARGA DE ROTURA (Kg)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (Kg/cm ²)
			LARGO	ANCHO	ALTURA			
VIGA	24	45	52	15	15.2	780	3240	42.1

5. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
Técnico : Sr. V. G. R.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo
Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES

1. Información

Nombre del material: POLYSTARK PL 60

Uso recomendado y restricciones de uso

Uso recomendado: Artículo

Restricciones de uso: No conocidas.

Información del Fabricante/Importador/Distribuidor

FIBRAS CORTADAS Y MONOFILAMENTOS SAC

Av. TOMAS ALVA EDISON 245

URB. IND. SANTA ROSA – ATE

LIMA

PERÚ

Persona de contacto:

Mauro Gelmi

Teléfono de emergencia:

511 – 326 1127

2. Identificación de peligros

Clasificación de peligro:

No clasificado.

Etiqueta de elementos

Símbolo de peligro: Sin símbolo

Palabra de señal: Sin palabra de señal.

Aviso de peligro: No aplicable.

Aviso de precaución: No aplicable.

Otros peligros que no correspondan a la clasificación GHS:

Ninguno.

3. Información de la composición

Mezclas

Comentarios sobre la composición: Los componentes no son peligrosos o están por debajo de los límites.

4. Primeros Auxilios

Ingestión: Enjuagar la boca con abundante agua.

Inhalación: Retirarse a un sitio con aire fresco.

Contacto con la piel: Remover la ropa contaminada y lavarse la piel con abundante agua y jabón.

Contacto con los ojos: Enjuagar inmediatamente con abundante agua.

Síntomas/efectos más importantes, agudos y de largo plazo

Síntomas: Puede irritar la piel y los ojos.

Indicación de atención médica inmediata y tratamiento especial necesario

Tratamiento: Consiga atención médica si nota algún síntoma.

5. Medidas ignífugas (antincendios)

Riesgos de incendio: No se notaron riesgos de incendio o explosión inusuales.

Medios de extinción adecuados/no adecuados

Medios adecuados de extinción: Usar medios de extinción adecuados para los materiales en los alrededores.

Medios de extinción no adecuados: No usar agua, el fuego se expandirá.

Riesgos posibles por los químicos: Durante el fuego, gases peligrosos para la salud pueden emanarse.

Equipo de protección especial y procedimientos para bomberos

Procedimientos especiales de extinción: No hay información disponible.

Protección especial para bomberos: Aparato independiente de respiración e indumentaria protectora complete se deben usar en caso de fuego

6. Medidas de liberación accidental

Precauciones personales, equipo protector y medidas de emergencia No hay información disponible.

Métodos y materiales para la contención y limpieza: Recoger el derrame en contenedores y sellar de manera segura y entregar para desechar de acuerdo con las normas locales.

Procedimientos de notificación: En el evento de un derrame o liberación accidental notificar a las autoridades relevantes de acuerdo con todas las regulaciones aplicables.

Precauciones ambientales: Evítese la liberación al ambiente. Prevenir futuras fugas o derrames si es seguro hacerlo. No contaminar las fuentes de agua o desagüe. El gerente de impacto ambiental debe estar informado de todos los derrames mayores.

7. Manipulación y almacenamiento

Precauciones para manejo seguro: Proveer ventilación adecuada. Utilizar el equipo de protección personal adecuado. Observar buenas prácticas de higiene industrial. Ventilar bien y evitar inhalar vapores. Usar respiradores aprobados si la contaminación del aire está por encima del nivel aceptado. Usar ventilación mecánica en caso de manipulación que cause polvo.

Condiciones para almacenamiento seguro, incluyendo cualquier incompatibilidad: Almacenar lejos de cualquier material incompatible. Almacenar en el contenedor original de manera hermética.

8. Control de exposición/ Protección personal

Parámetros de control

Límites de exposición ocupacional

Ninguno de los componentes tiene límites de exposición asignados.

Controles apropiados de ingeniería

Ventilación mecánica o ventilación de escape local puede ser requerida. Observar buenas prácticas industriales de higiene. Observar límites de exposición ocupacional y minimizar el riesgo de inhalación de polvo.

Medidas de protección individual, tales como EPP's

Información general: Usar las EPP's requeridas.

Protección facial/ocular: Usar lentes de seguridad o máscara protectora.

Protección de la piel

Protección de las manos: Usar guantes protectores adecuados si existe riesgo de contacto con la piel.

Otros: No hay información disponible.

Protección Respiratoria: En caso de ventilación inadecuada, usar un respirador adecuado. Busque consejos de su supervisor local.

Medidas de higiene: Siempre Observar buenas prácticas personales de higiene, tales como lavarse después de la manipulación del material y antes de comer, beber y/o fumar. Rutinariamente lavar la indumentaria de trabajo para remover contaminantes. Descartar los zapatos contaminados que no pueden ser limpiados.

9. Propiedades físicas y químicas

Apariencia

Estado físico: Solido

Forma: No hay información disponible.

Color: Transparente

Olor: Sin olor.

Límites de olor: No hay información disponible.

pH: No hay información disponible.

Punto de ebullición/congelamiento: No hay información disponible.

Punto de ebullición inicial y rango: 220 °C 428 °F

Punto de ignición:	329 °C 625 °F
Tasa de evaporación:	No hay información disponible
Flamabilidad (sólido, gas):	No hay información disponible
Límites superiores/inferiores en flamabilidad	No hay información disponible
Límite superior de flamabilidad (%):	No hay información disponible.
Límite inferior de flamabilidad (%):	No hay información disponible.
Límite explosivo superior (%):	No hay información disponible.
Límite explosivo inferior (%):	No hay información disponible.
Vapor presión:	No hay información disponible.
Vapor densidad:	No hay información disponible.
Densidad relativa:	0.9
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua:	Insoluble en agua.
Solubilidad (otros):	No hay información disponible.
Coefficiente de partición (n-octanol/agua):	No hay información disponible.
Temperatura de auto-ignición:	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición:	No hay información disponible.
Viscosidad:	No hay información disponible

10. Estabilidad y reactividad

Reactividad:	No hay información disponible.
Estabilidad Química:	El material es estable en condiciones normales.
Posibilidad de reacciones peligrosas:	No hay información disponible.
Condiciones a evitar:	Evitar calor o contaminación.
Materiales incompatibles:	No hay información disponible.
Productos peligrosos de descomposición:	Descomposición térmica o combustión puede liberar óxidos de carbono y otros gases o vapores tóxicos.

11. Información toxicológica

Información sobre rutas posibles de ingesta:	Puede ser ingerido por accidente. Ingesta puede causar irritación y malestar.
Inhalación:	En grandes concentraciones, vapores, humos o rocíos pueden irritar la nariz, garganta y mucosas.
Contacto con la piel:	Irritación moderada por contacto prolongado con la piel.
Contacto con los ojos:	El contacto con los ojos es posible y debe ser evitado.

Información sobre efectos toxicológicos

Toxicidad aguda (lista todas las posibles rutas de exposición)

Oral

Producto: No hay información disponible.

Dermal

Producto: No hay información disponible.

Inhalación

Producto: No hay información disponible.

Toxicidad de dosis repetida

Producto: No hay información disponible.

Piel Corrosión/Irritación

Producto: No hay información disponible.

Daños serios oculares/Irritación ocular

Producto: No hay información disponible.

Sensibilidad respiratoria o dermal

Producto: No hay información disponible.

Carcinogenicidad:

Producto: No hay información disponible.

Otros efectos: No hay información disponible.

12. Información ecológica

Ecotoxicidad:

Peligros agudos al ambiente acuático:

Peces

Producto: No hay información disponible.

Invertebrados acuáticos

Producto: No hay información disponible.

Peligros crónicos al

ambiente acuático:

Peces

Producto: No hay información disponible.

Invertebrados acuáticos

Producto: No hay información disponible.

Toxicidad para plantas acuáticas

Producto: No hay información disponible.

Persistencia y degradabilidad

Biodegradación

Producto: No hay información disponible.

Ratio BOD/COD

Producto: No hay información disponible.

Mobilidad en Suelos:

No hay información disponible.

Otros efectos adversos:

No hay información disponible.

13. Consideraciones de disposición

Instrucciones de disposición:

Disponga los residuos en una instalación de tratamiento y disposición adecuada en conformidad con las leyes y reglamentos aplicables y las características del producto en el momento de la eliminación.

Empaque contaminado:

No hay información disponible.

14. Información de transporte

TDG:

No regulado

CFR / DOT:

No regulado

IMDG:

No regulado

15. Información reglamentaria

Regulaciones federales de EEUU

TSCA Sección 12(b) Export notification (40 CFR 707, Subpt. D)

No presente o no presente en cantidades reguladas.

US. OSHA Specifically Regulated Substances (29 CFR 1910.1001-1050)

No presente o no presente en cantidades reguladas.

CERCLA Hazardous Substance List (40 CFR 302.4):

No presente o no presente en cantidades reguladas.

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 (SARA)

Categoría de peligros

No están listadas.

SARA 302 Extremely Hazardous Substance

No presente o no presente en cantidades reguladas.

SARA 304 Emergency Release Notification

No presente o no presente en cantidades reguladas.

SARA 311/312 Hazardous Chemical

No presente o no presente en cantidades reguladas.

SARA 313 (TRI Reporting)

No presente o no presente en cantidades reguladas.

Clean Water Act Section 311 Hazardous Substances (40 CFR 117.3)

No presente o no presente en cantidades reguladas.

Clean Air Act (CAA) Section 112(r) Accidental Release Prevention (40 CFR 68.130):

No presente o no presente en cantidades reguladas.

Regulaciones de estados en EEUU

US. California Proposition 65

No hay un componente regulado por la ley CA Prop 65 present.

US. New Jersey Worker and Community Right-to-Know Act

No hay un componente regulado por la ley NJ Right-to-Know Law present.

US. Massachusetts RTK - Substance List

No hay un componente regulado por la ley MA Right-to-Know Law present.

US. Pennsylvania RTK - Hazardous Substances

No hay un componente regulado por la ley PA Right-to-Know Law present.

US. Rhode Island RTK

No hay un componente regulado por la ley RI Right-to-Know Law present.

Otras Regulaciones:

Regulatory VOC (less water and exempt solvent): 0 g/l

16. Otras informaciones, incluyendo fecha de preparación o última revisión

Fecha de revisión: 10/10/2015

Versión #: 1.1

Información adicional: No hay información disponible.

Términos y condiciones de uso: Sólo para uso industrial. Mantener fuera del alcance de los niños. La información sobre los peligros en el presente documento se ofrece únicamente a la consideración del usuario, sujeto a su propia investigación sobre el cumplimiento de la normativa aplicable, incluyendo el uso seguro del producto en todas las condiciones previsibles.

ANEXO N° 9: PROPIEDADES DEL CEMENTO

Cemento Portland Tipo I

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 15 de Agosto del 2017

COMPOSICIÓN QUÍMICA		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
MgO	%	2.3	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.0
Pérdida por Ignición	%	3.1	Máximo 3.5
Residuo Insoluble	%	0.66	Máximo 1.5

PROPIEDADES FÍSICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.009 / ASTM C150
Contenido de Aire	%	8	Máximo 12
Expansión en Autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm ² /g	3650	Mínimo 2800
Densidad	g/mL	3.08	NO ESPECIFICA

Resistencia Compresión :

Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm ²)	26.5 (271)	Mínimo 12.0 (Mínimo 122)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm ²)	34.3 (350)	Mínimo 19.0 (Mínimo 194)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm ²)	39.8 (406)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)

Tiempo de Fraguado Vicat :

Fraguado Inicial	min	138	Mínimo 45
Fraguado Final	min	261	Máximo 375

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-07-2017 al 31-07-2017.

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Junio 2017.

(*) Requisito opcional.

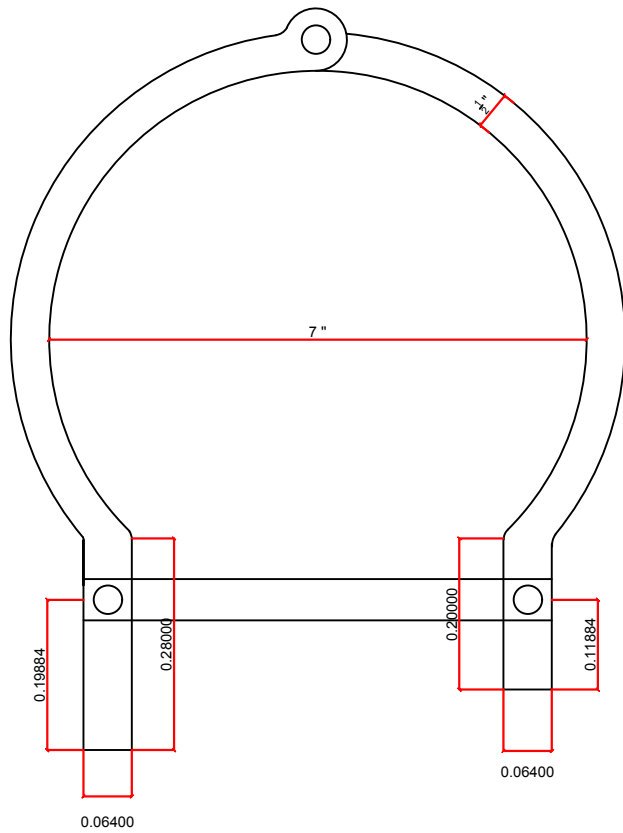
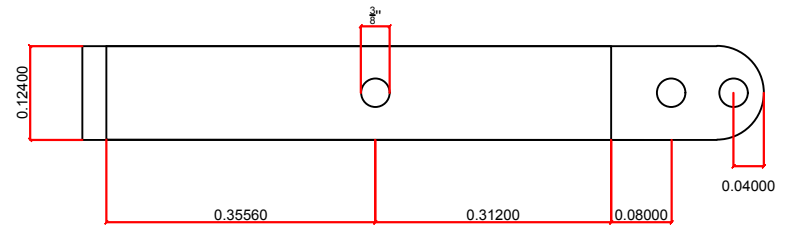
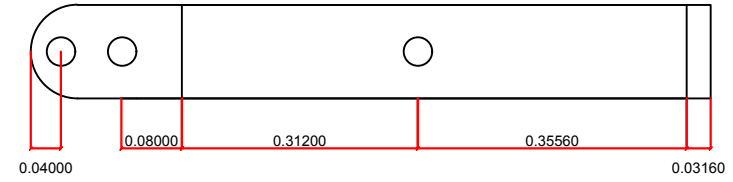
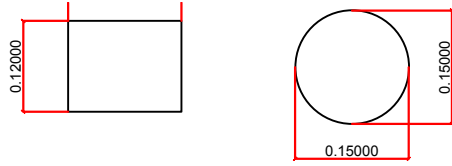


Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas
Superintendente de Control de Calidad

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

**ANEXO N° 10: PLANO DEL EQUIPO
EXTENSOMÉTRICO**



Equipo Extensometrico para el Ensayo de tenacidad	
Equipo de Investigacion: Elorreaga Paiba, Carlos Alejandro. González Sánchez, Orlando Domingo.	LAMINA: Pt-01
ESCALA: 1:100	AÑO: 2018

ANEXO N° 11: NORMA UNE 83502

Noviembre 2004

TÍTULO

Hormigones con fibras

Fabricación en laboratorio

Concrete with fibers. Method of making in the laboratory.

Bétons avec fibres. Fabrication dans laboratoire.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 83502 de febrero de 1988.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 50948:2004

© AENOR 2004
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

4 Páginas

Grupo 2

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma tiene por objeto especificar un método para la fabricación en el laboratorio de hormigón reforzado con fibras.

2 PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Antes del ensayo, los materiales deben mantenerse en ambiente de laboratorio ($T = (20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ y $\text{HR} \geq 60\%$) durante 48 h como mínimo.

El cemento debe mantenerse en un recipiente protegido contra la humedad.

Los áridos deben ser preparados de tal manera que la granulometría no varíe de una amasada a otra dentro de la misma serie de ensayos, para lo cual se homogeneizará la muestra total necesaria para los mismos.

3 DOSIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales deben dosificarse separadamente en peso. Sin embargo, el agua y los aditivos en forma líquida podrán dosificarse en volumen.

La dosificación de cada componente debe hacerse con un error inferior al 0,5%.

Se harán las correcciones oportunas por humedad de los áridos.

4 MEZCLA DEL HORMIGÓN

La mezcla del hormigón debe efectuarse en el laboratorio en las condiciones ambientales anteriormente indicadas.

La cantidad de hormigón mezclada de una vez debe ser como mínimo un 10% superior a la requerida para el ensayo, no siendo inferior a la mitad, ni superior al 80% del volumen de la amasadora.

Antes de iniciarse todo el proceso, debe amasarse en la hormigonera una pequeña cantidad de hormigón de la misma composición que la mezcla a fabricar y que luego se desechará.

El tiempo de amasado antes de la incorporación de las fibras depende de la capacidad de la amasadora, tipo, proporciones del hormigón, etc., pero generalmente, es suficiente con 3 min para una hormigonera basculante y con 2 min para una fija.

La introducción de las fibras debe hacerse mientras la amasadora esté girando, de tal forma que las fibras sean distribuidas lo más uniformemente posible. La duración de la introducción de fibras varía en función del volumen a mezclar y la cantidad de fibras introducidas, siendo normalmente de 1 min a 2 min.

El amasado debe continuarse después de que la cantidad completa de fibras haya sido introducida, y durante el menor tiempo necesario para que las fibras se repartan totalmente en la masa.

Las fibras, en el caso de ser sueltas, deben ser desenredadas completamente durante su introducción en la amasadora.

La mezcla debe descargarse en una bandeja o carretilla y homogeneizarse manualmente antes de su utilización. Esta bandeja debe ser impermeable, y ésta o la carretilla, debe estar humedecida previamente al vertido del hormigón.

Además de lo indicado en este capítulo, se tendrán en cuenta las recomendaciones que al respecto facilite el fabricante.

5 ACTA DE LABORATORIO

Del proceso de fabricación del hormigón con fibras en laboratorio se redactará un parte que reflejará, entre otros, los aspectos generales siguientes:

- 1 Objeto del ensayo.
- 2 Número de amasadas.
- 3 Fecha y hora de preparación de la muestra.
- 4 Temperatura y humedad del laboratorio.
- 5 Designación, tipos y procedencia de los materiales.
- 6 Configuración y dimensiones de las fibras.
- 7 Tamaño máximo, granulometría, densidad, contenido de humedad y absorción de los áridos.
- 8 Dosificación del hormigón con fibras.
- 9 Tipo y capacidad de amasadora y volumen y tiempo de duración de la amasada.
- 10 Secuencia de introducción de los materiales en la amasadora.
- 11 Temperatura del hormigón.
- 12 Otros.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

ANEXO N° 12: NORMA UNE 83504

Noviembre 2004

TÍTULO

Hormigones con fibras

Fabricación y conservación de probetas para los ensayos de laboratorio

Concrete with fibers. Making and maintenance of specimens for laboratory tests.

Bétons avec fibres. Fabrication et maintenance d'éprouvettes pour les essais de laboratoire.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE 83504 de junio de 1990.

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 50950:2004

© AENOR 2004
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

Asociación Española de
Normalización y Certificación

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

6 Páginas

Grupo 3

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma tiene por objeto indicar los procedimientos para la fabricación y conservación de las probetas de hormigón con fibras elaboradas mediante vertido por gravedad del mismo en los moldes y posterior compactación. Estas probetas se destinarán o utilizarán en los ensayos de rotura por compresión (UNE 83507:2004), rotura por flexión (UNE 83509:2004), determinación de la tenacidad en compresión (UNE 83508:2004), resistencia a primera fisura, tenacidad e índice de tenacidad a flexotracción (UNE 83510:2004) y resistencia a cortante (UNE 83511: 04).

Quedan excluidas de esta norma las probetas testigo obtenidas mediante corte y las probetas correspondientes a hormigones reforzados con fibras colocados en obra mediante el sistema de proyección.

2 NORMAS PARA CONSULTA

UNE 83501:2004 – *Hormigones con fibras. Toma de muestras de hormigón fresco.*

UNE 83502:2004 – *Hormigones con fibras. Fabricación en laboratorio.*

UNE 83507:2004 – *Hormigones con fibras. Rotura por compresión.*

UNE 83508:2004 – *Hormigones con fibras. Determinación del índice de tenacidad a compresión.*

UNE 83509:2004 – *Hormigones con fibras. Rotura por flexotracción.*

UNE 83510:2004 – *Hormigones con fibras. Determinación del índice de tenacidad y resistencia a primera fisura.*

UNE 83511:2004 – *Hormigones con fibras. Determinación de la resistencia a cortante.*

3 APARATOS Y ÚTILES NECESARIOS

3.1 Moldes

Los moldes para la fabricación de probetas deben cumplir las condiciones siguientes:

- Estanquidad, lograda por construcción del molde o mediante la aplicación de masillas u otros productos similares a las juntas del mismo.
- Estabilidad dimensional del molde durante el proceso de fabricación de las probetas.
- Las dimensiones del molde, a lo largo de su periodo de uso, deberán ser tales que se mantengan entre los siguientes límites:

Sección nominal	$\pm 1,0\%$.
Altura nominal	$\pm 2,0\%$.
Planeidad de las bases	$\pm 0,5$ mm.
Perpendicularidad de las bases con el eje	$\leq 1,5^\circ$.

- La forma y dimensiones de los moldes pueden ser cualquiera que se consideren adecuadas para el ensayo que se trate, pero su menor dimensión ha de ser igual o mayor de tres veces el tamaño máximo de los áridos y dos veces la longitud de la fibra. No obstante, y a efectos de esta norma, se consideran “moldes normalizados” los indicados en la tabla 1.

Tabla 1
Moldes normalizados

Forma interior del molde	Dimensiones interiores del molde, en cm	Ensayo
Cilíndrica	15 de diámetro y 30 de altura	Compresión
Prismática	15 × 15 × 60	Flexión
Prismática	10 × 10 × 40	Flexión
Prismática	15 × 15 × h; (30 ≤ h ≤ 60)	Resistencia a cortante
Prismática	10 × 10 × h; (20 ≤ h ≤ 40)	Resistencia a cortante

3.2 Barra metálica

Recta y lisa, de 16 mm ± 0,2 mm de diámetro y unos 60 cm de longitud, de forma troncocónica en sus 25 mm finales y rematada en este mismo extremo por un casquete esférico de 6 mm de radio.

3.3 Pisones metálicos

Constituidos, cada uno de ellos, por un bloque cilíndrico o prismático, según se utilice para compactar cilindros o prismas, de 2,5 cm de espesor y cuyo diámetro o lado sea 5 cm menor que el de la sección transversal interna del molde que se esté utilizando. Dicho bloque va unido, por una de sus caras mayores, a una barra lisa, también metálica, de unos 16 mm de diámetro y unos 450 cm de longitud.

3.4 Mazo de goma

De masa comprendida entre 0,5 kg y 1 kg.

3.5 Aparato de vibración externa

Preferentemente será una mesa vibrante, pero en caso de no disponer de ésta, se pueden utilizar vibradores de aguja u otros sistemas, con tal de que se apliquen por el exterior del molde. La frecuencia de vibración mínima recomendada será de 120 Hz (7 200 ciclos/min).

3.6 Instrumentos auxiliares

Tales como un cogedor metálico de tamaño adecuado, paletas, espátulas y llanas de albañilería y una regla metálica de unos 30 cm de largo.

3.7 Cámara de conservación

En la que se mantenga una humedad relativa igual o superior al 95%, con una temperatura de (20 ± 2) °C.

Cuando la conservación haya de hacerse en agua, ésta debe cumplir con lo siguiente:

- Mantener la temperatura a (20 ± 2) °C.
- El agua debe cumplir en todo momento las siguientes condiciones:

pH	≥ 5
Sustancias disueltas	≤ 15

Sulfatos $\text{SO}_4^{=}$	≤ 200
Cloruros Cl^-	≤ 3
Hidratos de carbono	0
Sustancias orgánicas solubles en éter	≤ 15

- c) El agua de conservación para las probetas de hormigón fabricadas con cemento portland con adiciones activas debe estar exenta de cal. En el caso de probetas fabricadas con cemento portland, éstas no deben mezclarse con las anteriores y el agua de conservación debe estar saturada de cal.

4 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

4.1 Toma de muestras

La toma de muestras para la fabricación de las probetas con fibras se hace de acuerdo con la Norma UNE 83501:2004, cuando el hormigón se tome en obra, o con la Norma UNE 83502:2004 en el caso en que se fabrique en laboratorio.

4.2 Fabricación y conservación de las probetas

Una vez homogeneizada la muestra de hormigón, se vierte en los moldes con el cogedor, en capas que, después de compactadas, tengan un espesor aproximadamente igual a un tercio de la altura del molde en las cilíndricas, y a un medio en las prismáticas.

Cada capa se debe compactar lo suficiente para eliminar las posibles coqueras, pero sin llegar a la segregación. Ello se consigue cuando la pasta refluye hacia la superficie y produce una humectación brillante en la misma.

El sistema de compactación debe ser el adecuado al fin propuesto, dependiendo, por tanto, de la consistencia del hormigón a compactar. Así, se recomienda utilizar el picado con barra y golpeo de las paredes del molde con el mazo de goma para hormigones con asiento en el cono de Abrams mayor de 12 cm, apisonado y mazo de goma para hormigones cuyo asiento este comprendido entre 5 cm y 12 cm, y vibración externa para hormigones con asientos menores a 5 cm.

En el caso de que el sistema de vibración disponible sea mediante aguja vibrante, la compactación se realiza aplicando dicha aguja a lo largo de las superficies exteriores del molde y nunca introduciéndola dentro de la masa.

Después de la compactación por cualquiera de los métodos indicados, se procede a retirar el hormigón sobrante, fratasando su superficie y manipulándose lo menos posible para dejar la cara lisa de forma tal que cumpla las tolerancias de acabado.

El conjunto de todas las operaciones desde la preparación de la muestra no excederá un plazo de 15 min.

Con el fin de evitar la desecación de la masa, las probetas se han de mantener en sus moldes, protegidas de la intemperie de forma tal que la temperatura alrededor de las mismas este comprendida entre 15 °C y 30 °C, hasta el momento de ser depositadas en la cámara de conservación.

Las probetas no deben transportarse ni desmoldarse hasta transcurridas al menos 24 h desde el momento de su fabricación.

Una vez extraídas del molde las probetas se marcarán de forma que no resulten alteradas sus superficies.

El tiempo máximo de estancia de las probetas en las condiciones de curado anteriormente enumeradas será de 48 h, salvo excepciones justificadas, que se harán constar en el acta de fabricación de las probetas, indicándose la causa que lo motivó. En ningún caso este plazo deberá sobrepasar las 72 h.

A continuación, las probetas se llevarán al lugar de conservación normalizado (cámara, balsa de inmersión) debiendo colocarse de forma tal que no estén en contacto entre ellas. Durante todas las manipulaciones realizadas con las probetas, se deberán evitar los golpes y demás incidencias que pudiesen descantillarlas o fisurarlas.

Por último, las probetas se mantienen en su lugar de conservación hasta el momento de su ensayo.

5 ACTA DE FABRICACIÓN Y CONSERVACION DE PROBETAS

El acta de fabricación y conservación de probetas debe contener en su redacción, al menos, las siguientes precisiones:

- a) Ensayo o ensayos a los que se destinan las probetas fabricadas.
- b) Número de probetas de cada forma y dimensiones, por amasada.
- c) Fecha y hora de fabricación.
- d) Procedimiento de curado, incluyendo la temperatura del agua de los tanques de conservación, en su caso, y temperatura y humedad relativa del aire de la cámara de conservación, si se han curado al aire.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

ANEXO N° 13: NORMA UNE 83515

Julio 2010

TÍTULO

Hormigones con fibras

Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción

Método Barcelona

Fibre reinforced concrete. Determination of cracking strength, ductility and residual tensile strength. Barcelona test.

Béton avec fibres. Détermination de la résistance à la fissuration, ténacité et tension résiduelle. Méthode Barcelone.

CORRESPONDENCIA

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 83 *Hormigón* cuya Secretaría desempeña ANEFHOP.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 34196:2010

© AENOR 2010
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032

8 Páginas

Grupo 4

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma tiene por objeto definir un método de ensayo para determinar la resistencia a la fisuración, la tenacidad y la resistencia residual a tracción del hormigón reforzado con fibras mediante un ensayo de doble punzonamiento sobre una probeta cilíndrica definida más adelante.

NOTA Este ensayo no es equivalente ni sustituye a los ensayos de flexotracción, índice de tenacidad y resistencia a primera fisura, ni de absorción de energía, recogidos en las Normas UNE 83509:2004, UNE 83510:2004, UNE-EN 14488-5:2007 y UNE EN 14651:2007.

2 NORMAS PARA CONSULTA

Los documentos que se citan a continuación son indispensables para la aplicación de esta norma. Únicamente es aplicable la edición de aquellos documentos que aparecen con fecha de publicación. Por el contrario, se aplicará la última edición (incluyendo cualquier modificación que existiera) de aquellos documentos que se encuentran referenciados sin fecha.

UNE 83501:2004 *Hormigones con fibras. Toma de muestras de hormigón fresco.*

UNE 83502:2004 *Hormigones con fibras. Fabricación en laboratorio.*

UNE 83504:2004 *Hormigones con fibras. Fabricación y conservación de probetas para los ensayos de laboratorio.*

UNE 83505:2004 *Hormigones con fibras. Extracción y conservación de probetas testigo.*

UNE 83507:2004 *Hormigones con fibras. Rotura por compresión.*

UNE EN ISO 6508-1:2007 *Materiales metálicos. Ensayo de dureza Rockwell. Parte 1: Método de ensayo (escalas A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).*

UNE EN ISO 7500-1:2006 *Materiales metálicos. Verificación de máquinas de ensayos uniaxiales estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza. (ISO 7500-1:2004).*

3 APARATOS

3.1 Máquina de ensayo

Consiste en una prensa universal o de ensayo a compresión según la Norma UNE 83507:2004.

3.2 Discos de carga

Se deben disponer sendos discos de acero en contacto con las caras superior e inferior de la probeta, que actuarán como elementos de carga. Deben tener una dureza no inferior a 55 HRC, determinada según la Norma UNE EN ISO 6508-1:2007 y una profundidad de la capa tratada de al menos 5 mm.

Las superficies de los discos deben ser planas, paralelas entre sí y rectificadas. El error en la planeidad superficial de las mismas debe ser inferior a 0,05 mm.

El diámetro de los discos debe ser $\frac{1}{4}$ del diámetro de la probeta (con una tolerancia de $\pm 0,2$ mm) y una altura igual al mayor de los valores siguientes: $\frac{1}{5}$ de la altura de la probeta o 15 mm. La tolerancia en la altura de los discos es de $\pm 0,5$ mm.

3.3 Rótula

El plato superior debe estar montado sobre una rótula esférica que permita efectuar desviaciones de al menos 5° respecto al eje vertical y giros de cualquier valor en el plano horizontal.

El centro de la esfera de la rótula debe coincidir con el centro de la superficie de apoyo del plato superior sobre la probeta, con una tolerancia de $1/200$ de la diagonal o diámetro del plato, según sea éste cuadrado o circular. A su vez, el centro de la rótula debe estar en la vertical del centro del elemento que transmite la carga a los platos, con una tolerancia de $(0,2 \pm h/20)$ mm, siendo h la distancia entre platos, expresada en milímetros, en el ensayo considerado.

3.4 Elementos de lectura y adquisición de datos

3.4.1 Cadena extensométrica

Para medir la deformación circunferencial total de la probeta se emplea un transductor electrónico calibrado con un rango mínimo de lectura de 10 mm que abrace circunferencialmente la probeta, con una apreciación de $\pm 0,005$ mm. Dicho transductor se debe situar aproximadamente en el plano correspondiente a la mitad de la altura de la probeta.

3.4.2 Lectura de carga

La apreciación del elemento de lectura debe ser superior al 0,5% de la capacidad máxima de la escala empleada.

3.4.3 Sistema de adquisición de datos

Debe disponerse de un sistema de adquisición de datos que pueda registrar, de forma simultánea, la carga aplicada y la deformación circunferencial total de la probeta con una frecuencia de adquisición no inferior a una lectura por segundo.

3.5 Verificación y precisión de los equipos del ensayo

3.5.1 Verificación

La prensa se debe verificar periódicamente, en intervalos de tiempo no superiores a 1 año o cuando el número de probetas ensayadas sea superior a 7000. La verificación se debe efectuar de acuerdo con las prescripciones de la Norma UNE-EN ISO 7500-1:2006.

La cadena extensométrica y su transductor se deben verificar cuando se sospeche de la existencia de algún error o cuando se efectúe cualquier operación de reparación de algún mecanismo de dicho equipo. Este criterio es igualmente aplicable, en su caso, a la prensa de ensayo.

3.5.2 Precisión

La prensa debe ser de clase 1, según la Norma UNE 83507:2004.

4 PROBETA DE ENSAYO

La probeta debe ser cilíndrica, de altura aproximadamente igual a su diámetro. La dimensión normal del diámetro de la probeta debe ser de 150 mm. La misma puede obtenerse por:

- Moldeo directo de una probeta de 150 mm de diámetro y 150 mm de altura, con las condiciones usuales, para los moldes y tolerancias exigidas en la Norma UNE 83504:2004.
- Moldeo directo de una probeta de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, según la Norma UNE 83504:2004, con posterior corte a la mitad de altura por un plano perpendicular al eje de simetría de la probeta. Tras el corte, las bases de la probeta deben ser sensiblemente planas, sin irregularidades en la zona de contacto con los discos superiores a 2 mm, y perpendiculares a su eje longitudinal con una desviación máxima de 5° .
- Extracción de testigo, debiendo en este caso ser de un diámetro no menor de 100 mm, siempre que se mantenga la relación de diámetro igual a la altura. La extracción y conservación de probetas testigo se debe hacer de acuerdo a la Norma UNE 83505:2004.

Previamente a la realización del ensayo, se debe determinar el diámetro y la altura de la probeta. El diámetro D de la probeta es la media de dos diámetros perpendiculares medidos aproximadamente a la mitad de la altura de la probeta, mientras que la altura se obtiene como la media de los valores medidos en tres generatrices dispuestos en planta a aproximadamente 120° . La diferencia entre la altura máxima y mínima medidas debe ser inferior a 3 mm, siendo la apreciación de las medidas, como mínimo de 1 mm.

5 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

5.1 Toma de muestras, fabricación y conservación de las probetas

La toma de muestras, la fabricación y la conservación de las probetas con fibras se debe hacer de acuerdo con la Norma UNE 83501:2004 cuando el hormigón se tome en obra, con la Norma UNE 83502:2004 en el caso en que se fabrique en laboratorio y, con la UNE 83504:2004 cuando se obtenga mediante extracción de testigos.

5.2 Colocación de la probeta

Para asegurar el correcto centrado de los discos cilíndricos de carga sobre la probeta se recomienda utilizar como plantilla un disco de cartón agujereado con diámetro exterior aproximadamente igual al diámetro de la probeta ± 1 mm, y un diámetro interior aproximadamente igual al del disco de carga + 1,5 mm. Para facilitar la manipulación de las probetas y reducir el riesgo de errores, los discos cilíndricos de carga se pueden pegar a las caras de la probeta mediante un adhesivo.

El conjunto formado por probeta y platos de carga se introduce centrado en la prensa de ensayo. La excentricidad máxima permitida entre el eje de la prensa y el del disco de la probeta es de 5 mm.

5.3 Aplicación de la carga

La carga se debe aplicar de forma uniforme con una velocidad de descenso del pistón de la prensa de $(0,5 \pm 0,05)$ mm/min durante todo el ensayo. Éste se considera finalizado cuando la deformación circunferencial total desde el inicio del ensayo alcance los 6 mm.

6 OBTENCIÓN Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 Carga de fisuración

La carga que produce la fisuración, P_f , corresponde al valor máximo obtenido en el diagrama carga-deformación circunferencial total (punto A de la figura 1). La carga unitaria de fisuración f_{ct} , expresada en N/mm^2 , se calcula según la siguiente expresión:

$$f_{ct} = \frac{4 P_f}{9 \pi a H} \quad [1]$$

donde: P_f es la carga que produce la fisuración (en N)

a es el diámetro del disco de aplicación de la carga (en mm)

H es la altura de la probeta (en mm)

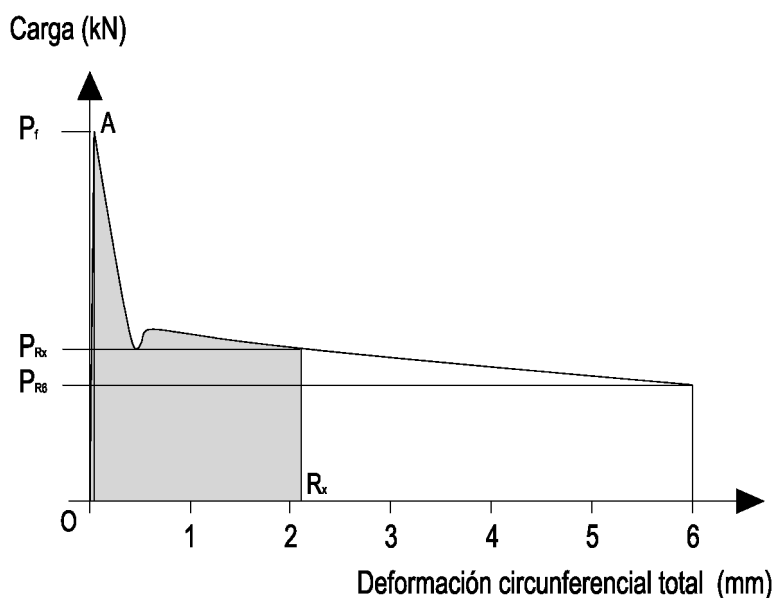


Figura 1 – Diagrama carga-deformación circunferencial para una deformación Rx

6.2 Resistencia residual a tracción del hormigón con fibras (f_{ctRx}) para una deformación Rx

La resistencia residual a tracción del hormigón, f_{ctRx} , expresada en N/mm^2 , es la carga unitaria que corresponde a una deformación circunferencial determinada Rx. La misma se obtiene según la siguiente ecuación

$$f_{ctRx} = \frac{4 P_{Rx}}{9 \pi a H} \quad [2]$$

donde: P_{Rx} es la carga correspondiente a una deformación circunferencial total Rx (en N)

a es el diámetro del disco de aplicación de la carga (en mm)

H es la altura de la probeta (en mm)

6.3 Tenacidad para una deformación Rx

La tenacidad es la energía (en julios) que es necesaria transmitir a la probeta en el ensayo para que ésta alcance una deformación circunferencial total determinada Rx.

En este ensayo la tenacidad viene dada por el área, T_{Rx} , de la curva energía-deformación circunferencial total hasta la deformación Rx, que está directamente relacionada con ella.

6.4 Expresión de los resultados

La energía T_{Rx} , la carga P_{Rx} y la resistencia residual a tracción del hormigón, $f_{ct,Rx}$, se determinan para los valores de deformación circunferencial total de 2 mm, 2,5 mm, 4 mm y 6 mm, tal como se muestra en la figura 2.

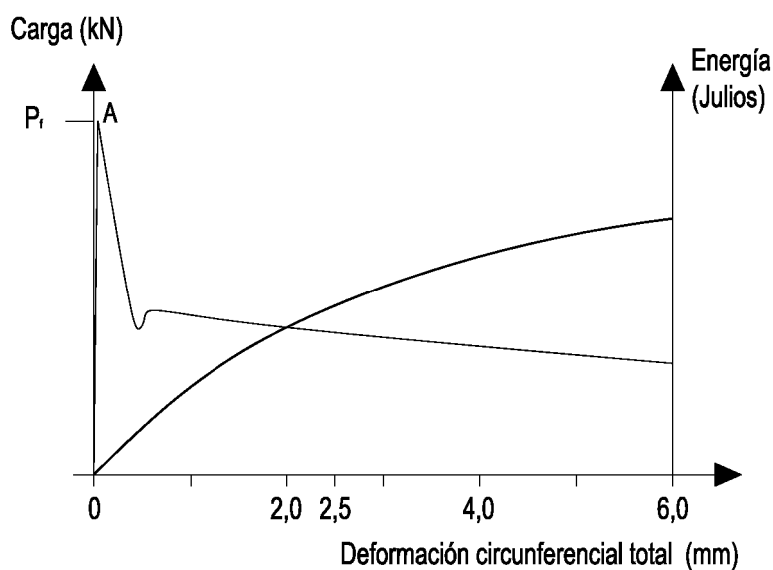


Figura 2 – Diagramas de carga y energía – deformación circunferencial total.

7 INFORME DEL ENSAYO

El informe del ensayo debe incluir los siguientes datos:

- Descripción de los aparatos de medida;
- designación y fecha de fabricación de la probeta o, en el caso de testigos, designación y fecha de fabricación del hormigón base, si se conoce, y la fecha de extracción;
- designación, tipo, dimensiones y dosificación de las fibras;
- dimensiones de la probeta o testigo;
- defectos detectados en la probeta o testigo;
- fecha y edad de la probeta el día del ensayo;
- condiciones y método de conservación de la probeta en obra y laboratorio, indicando los tiempos de permanencia en cada caso;
- diámetro de los discos de carga;
- carga de fisuración o resistencia a tracción indirecta;
- energía a deformaciones circunferenciales de 2 mm, 2,5 mm, 4 mm y 6 mm;
- cargas y resistencias a tracción residuales a deformaciones circunferenciales de 2 mm, 2,5 mm, 4 mm y 6 mm;
- diagramas de carga y energía – deformación circunferencial total;
- número de fisuras aparecidas en el perímetro de la probeta al final del ensayo.

8 BIBLIOGRAFÍA

C. MOLINS, A. AGUADO y A. R. MARÍ

Quality control test for SFRC to be used in precast segments. Rev.: Tunnelling and Underground Space Technology. Vol 21, Issue 3. pp.: 423-424. May-July 2006. ISSN.: 0886-7798.

C. MOLINS, A. AGUADO y J. GUÀRDIA

Control de la resistencia a fisuración y tracción residual de HRFA mediante el ensayo Barcelona. Congreso internacional de estructuras. IV Congreso ACHE, 263-264, Valencia. ISBN 978-84-89670-62-4.

F. MORA

Distribución y orientación de fibras en dovelas, aplicando el ensayo Barcelona. ETS Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Tesis Doctoral UPC. Directores: Antonio Aguado y Climent Molins. Octubre 2008.

C. MOLINS, A. AGUADO y S. SALUDES,

Double Punch Test to control the tensile properties of FRC (Barcelona test). Rev. Materials and Structures (RILEM). Vol. 42, nº 4. May 2009 pp.: 415-425. ISSN: 1359-5997.

S. CARMONA, A. AGUADO, C. MOLINS y M. CABRERA

Control de la tenacidad de los hormigones reforzados con fibras usando el ensayo de doble punzonamiento (ensayo Barcelona). Revista Ingeniería de Construcción Vol. 24 Nº 2, Agosto 2009. pp. 119-140. www.ing.puc.cl/ric. ISSN impresa: 0716-2952 e ISSN on line: 0718-5073.

A. PROS, P. DÍEZ, y C. MOLINS,

Simulación numérica del ensayo Barcelona para hormigón reforzado cn fibras de acero. Métodos Numéricos en Ingeniería 2009, 208, Barcelona. SEMNI. ISBN 978-84-96736-66-5.

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Génova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 201
Fax: 913 104 032