

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



APLICACIONES DE LA FIBRA ACRÍLICA DE ALTA TENACIDAD EN PRODUCTOS CEMENTICIOS

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Industrial

ENRIQUE LUIS CARBAJAL ROMERO

Código 19870121

Asesor

Pedro Antonio Arroyo Gordillo

Lima – Perú

Marzo de 2021





**APPLICATIONS OF THE HIGH TENACITY
ACRYLIC FIBER IN CEMENTICE
PRODUCTS**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	2
1.1 Descripción de la Empresa	2
1.2 Descripción del Sector	3
1.3 Descripción del Problema	4
1.3.1 Microfibras de Refuerzo para el Fibrocemento	6
1.3.2 Microfibras de Refuerzo para el Concreto	6
CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1 Objetivo General	7
2.2 Objetivos Específicos	7
CAPÍTULO III: ALCANCES Y LIMITACIONES	8
3.1 Supuestos	8
3.2 Oferta de Valor	10
3.3 Glosario de Términos	11
CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN	12
4.1 Mercado de Fibrocemento	12
4.2 Inversión	13
4.3 Demanda Proyectada	14
CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS	15
5.1 Determinar la resistencia a la alcalinidad	15

5.2 Determinar la trabajabilidad y la resistencia a la flexión de la pasta, al incorporar fibra acrílica de alta tenacidad en una mezcla para fibrocemento	16
5.3 Prueba a escala industrial para la fabricación de planchas onduladas de fibrocemento	21
5.3.1 Prueba industrial en planta TOPTEC (Colombia)	21
5.3.2 Prueba industrial en planta TUBASEC (Ecuador)	22
5.4 Determinar el porcentaje de CRR de la fibra acrílica de alta tenacidad	23
5.5 Mejora del embalaje primario de la microfibras de refuerzo para el concreto	24
5.6 Mejora del embalaje secundario de la microfibras de refuerzo para el concreto	26
CONCLUSIONES	29
RECOMENDACIONES	30
REFERENCIAS	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Consumo de Fibras en la Producción de Planchas de Fibrocemento	9
Tabla 3.2 Importación Local de Fibras de Refuerzo para el Concreto	10
Tabla 4.1 Comparativo de fibras aplicado a los productos de fibrocemento	12
Tabla 4.2 Inversión detallada del Laboratorio de Fibrocemento y Concreto	13
Tabla 4.3 Demanda Proyectada de la fibra acrílica de refuerzo para fibrocemento	14
Tabla 4.4 Demanda Proyectada de la fibra acrílica de refuerzo para el concreto...	14
Tabla 4.5 Resultados económicos del proyecto	14
Tabla 5.1 Condiciones de Ensayo para determinar resistencia a la alcalinidad ...	15
Tabla 5.2 Resultados de la Muestra 1, resistencia a la alcalinidad	15
Tabla 5.3 Resultados de la Muestra 2, resistencia a la alcalinidad	16
Tabla 5.4 Resultados de la Muestra 3, resistencia a la alcalinidad	16
Tabla 5.5 Formulación para la fabricación de muestras de fibrocemento	17
Tabla 5.6 Resultados de los ensayos para medir carga de rotura por metro de ancho	20
Tabla 5.7 Formulación de las pruebas industriales en la planta Toptec (Colombia)..	21
Tabla 5.8 Resultados de las pruebas industriales en la planta Toptec (Colombia)..	22
Tabla 5.9 Formulación de las pruebas industriales en la planta Tubasec (Ecuador)..	22
Tabla 5.10 Resultados de las pruebas industriales en la planta Tubasec (Ecuador)..	23
Tabla 5.11 Mejora del costo de producción	25
Tabla 5.12 Incremento del Margen de Utilidad	25
Tabla 5.13 Mejora del costo de producción	27
Tabla 5.14 Incremento del Margen de Utilidad	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Producción de hilados, tejidos y acabados. Ene 2014 – Dic 2019	4
Figura 1.2 Proceso de Producción: Planta Acabados	5
Figura 1.3 Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de la Fibra de Refuerzo para el Concreto	5
Figura 3.1 Corte transversal de fibra acrílica hilada en seco e hilada en húmedo ...	11
Figura 5.1 Molde de plancha plana cribada (perforación de 5 mm)	17
Figura 5.2 Succión de agua de la mezcla de fibrocemento	18
Figura 5.3 Moldeado manual de la pasta húmeda	18
Figura 5.4 Aplicación de la fuerza central utilizando pesas patrón certificadas	19
Figura 5.5 Aplicación de la fuerza central utilizando una prensa con barómetro ...	20
Figura 5.6 Determinación del %CRR en la fibra acrílica de alta tenacidad	24
Figura 5.7 Embalaje primario: bolsa hidrosoluble en agua, 600 g. de fibra acrílica de alta tenacidad	26
Figura 5.8 Embalaje secundario: (antes) caja de cartón 40 x 24 x 28 cm, (ahora) bolsa transparente de polietileno con fuelle, tamaño 18” x 25”	28
Figura 5.9 Gráfico de Resultados de las Mejoras Realizadas	28

RESUMEN

El presente estudio, se basa en la posibilidad de producir localmente microfibra acrílica de alta tenacidad para el sector construcción, de forma tal que la microfibra de refuerzo de polipropileno, que es importada y utilizada en este sector, pueda ser reemplazada. Por otro lado se busca también disminuir, en la producción de fibrocemento, el consumo de la fibra mineral crisotilo (asbesto o amianto), el cual es perjudicial para la salud debido a la generación de asbestosis en el sistema respiratorio de los seres humanos.

Los estudios realizados a la microfibra acrílica y a los compuestos de cemento reforzados con fibra, demuestran que ésta puede ser utilizada en este campo sin menoscabar las propiedades mecánicas del producto final, como son: losas de concreto, encofrados, dovelas de concreto, paredes de ductilidad limitada, planchas planas y onduladas de fibrocemento.

En el Capítulo I, realizamos una breve descripción de Sudamericana de Fibras S.A. y enfocamos el problema a resolver, tanto para la producción de fibrocemento así como para el concreto.

En el Capítulo II, describimos los objetivos de la investigación: un objetivo general y tres objetivos específicos.

En los Capítulos III y IV, desarrollamos los alcances de la investigación así como la justificación para el desenvolvimiento del proyecto de investigación.

En el Capítulo V, obtenemos los resultados de los ensayos y pruebas industriales realizadas. Culmina este capítulo con algunas mejoras realizadas para abaratar los costos de producción.

Finalmente se cierra el presente documento con las conclusiones y recomendaciones para el presente trabajo de investigación.

Palabras clave: fibra acrílica hilada en seco, fibra sintética de refuerzo, fibrocemento, resistencia a los álcalis, envejecimiento acelerado.

ABSTRACT

The present study is based on the possibility of locally producing high tenacity acrylic microfiber for the construction sector, so that the polypropylene reinforcement microfiber, which is imported and used in this sector, can be replaced. On the other hand, it is also sought to reduce, in the production of fibercement, the consumption of chrysotile mineral fiber (asbesto or amianto), which is harmful to health due to the generation of asbestosis in the respiratory system of human beings.

Studies carried out on acrylic microfiber and fiber reinforced cement compounds show that it can be used in this field without undermining the mechanical properties of the final product, such as: concrete slabs, formwork, concrete segments, ductility walls limited, flat and corrugated fiber cement sheets.

In Chapter I, we briefly describe Sudamericana de Fibras S.A. and we focus the problem to be solved, both for the production of fibercement as well as for concrete.

In Chapter II, we describe the objectives of the investigation: a general objective and three specific objectives.

In Chapters III and IV, we develop the scope of the investigation as well as the justification for the development of the research project.

In Chapter V, we obtain the results for the industrial tests and tests performed. This chapter culminates with some improvements made to reduce production costs.

Finally, this document is closed with the conclusions and recommendations for this research work.

Keywords: dry spun acrylic fiber, synthetic reinforcement fiber, fibercement, alkali resistance, accelerated aging.

INTRODUCCIÓN

Sudamericana de Fibras S.A. busca nuevas alternativas de productos debido a la baja constante en el consumo de fibras para el sector textil, al cual está orientado el núcleo del negocio. Para finales del 2014 la producción del sector textil disminuyó en un 9.51% con respecto al año anterior, a diferencia del sector construcción, que para el mismo periodo la producción se incrementó en 2.35%, según el INEI en su reporte de Producción Nacional de Diciembre del 2014. Durante el año 2014 surge la idea de comercializar microfibras acrílicas de alta tenacidad para el sector construcción y se inician los estudios para determinar si la fibra acrílica de alta tenacidad cumple con los estándares para producir compuestos cementicios, bien sea en productos de fibrocemento, como planchas onduladas o planas, o para el reforzamiento en el concreto para evitar la fisuración temprana del mismo dentro de las 24 horas de curado.

Al implementarse la Gerencia de Innovación y Desarrollo de Fibras Técnicas, se inicia una carrera de investigación para las diferentes aplicaciones de la microfibras hacia el sector construcción, dentro de las cuales podemos mencionar: microfibras de refuerzo para placas de fibrocemento curadas al aire y en autoclave; microfibras de refuerzo para concreto, asfalto y yeso. Otra aplicación en la que pudimos realizar pruebas piloto fue en la industria papelera, obteniendo un cartón con mayor resistencia al rasgado (aún en desarrollo).

El mercado objetivo para nuestros productos se ubica básicamente en Sudamérica, debido a que somos la única planta productora de fibra acrílica hilada en seco en la región. El mayor consumo de microfibras para el fibrocemento lo tiene Brasil. Para el caso de microfibras de refuerzo para el concreto, Bolivia es el principal consumidor de este tipo de fibras.

Nuestra finalidad es comercializar un producto sustituto a las microfibras utilizadas en este sector como son: microfibras de polipropileno, microfibras de PVA y fibras minerales de crisotilo, éstas dos últimas son materia prima para los productos de fibrocemento.

CAPITULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1 Descripción de la Empresa

Sudamericana de Fibras S.A., inicia sus actividades en el año 1992 después de adquirir la empresa Bayer Industrial S.A., de origen y tecnología alemana, la cual fue fundada en 1969; estableciéndose como una subsidiaria de la empresa químico-farmacéutica Bayer AG. ubicada en Leverkusen, Alemania.

La empresa produce y comercializa fibra acrílica hilada en seco, siendo la única en Sudamérica y una de las pocas en el mundo que producen fibra acrílica bajo este sistema. En la actualidad cuenta con 340 trabajadores, y su capacidad de producción es de 36,000 TM. anuales, abasteciendo el mercado textil de Sudamérica a países como Colombia, Chile, Ecuador, Bolivia y Brasil; abastece también el mercado textil de Norteamérica y Centroamérica a países como Estados Unidos de América, Canadá y México; y en el mercado textil de Europa, África y Asia exportando su producción a países como España, Italia, Turquía, Sudáfrica, India y China.

El mercado objetivo principal es el sector textil, específicamente las hilanderías que producen y comercializan hilos y/o mezclas con fibra acrílica y que posteriormente terminan su cadena productiva en prendas de vestir.

El mercado objetivo secundario, del cual hablaremos en este trabajo de suficiencia profesional, es el sector construcción. La fibra acrílica puede reemplazar a la fibra de polipropileno en las mezclas de concreto, evitando el cuarteamiento temprano (dentro de las 24 horas), con excelentes propiedades de resistencia a la flexión. Dentro de este sector construcción, también podemos utilizar la fibra acrílica en la producción de planchas de fibrocemento, reemplazando a las fibras PVA y las fibras minerales de amianto, siendo estas últimas nocivas para la salud y que están siendo prohibidas en el mundo para la fabricación de productos para el uso humano.

En la actualidad Sudamericana de Fibras S.A. cuenta con las siguientes certificaciones:

- Certificación ISO 9001:2015, Sistema de Gestión de la Calidad.

Estándar creado por la International Organization for Standardization, la cual muestra el compromiso de la empresa de alinear sus procesos y servicios con las demandas de sus clientes.

- Certificación BASC (Business Alliance for Secure Commerce), Sistema de Gestión en Control y Seguridad.

Estándar internacional de seguridad aplicado a las empresas exportadoras e importadoras en todo el proceso productivo, empaque, embarque y transporte de la carga, con el objetivo que las mercancías no sean contaminadas con sustancias ilícitas.

1.2 Descripción del Sector

El sector construcción en nuestro país alcanzó un crecimiento de 1.5% al cierre del 2019 y se proyecta un crecimiento de 6.5% para el cierre del 2020, según el Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial (IEDEP) de la Cámara de Comercio de Lima.

Básicamente el crecimiento está “(...) explicado por la mayor ejecución de obras en viviendas multifamiliares, centros comerciales y mineros y otras construcciones del sector privado. Este crecimiento fue atenuado por la menor ejecución de obras públicas.” (INEI, 2019, Informe Técnico Producto Bruto Interno Trimestral, No 4 – Noviembre 2019, p. 16)

Estas cifras son alentadoras para el consumo de cemento y aditivos para la producción de concreto y fibrocemento, productos complementarios que son utilizados en toda infraestructura de inversión pública o privada. Uno de los aditivos específicos es la fibra de refuerzo para el concreto, que se especializa en la eliminación de las fisuras superficiales, en el caso del concreto o para otorgar mayor resistencia a la flexión y mejorar la impermeabilidad, en el caso de las planchas de fibrocemento. En la actualidad se estudia el caso de la aplicación de la fibra acrílica de refuerzo en la producción de carpetas asfálticas, disminuyendo así el espesor de la misma, aumentando la resistencia a la flexión e incrementando la impermeabilidad para ese tipo de aplicación.

1.3 Descripción del Problema

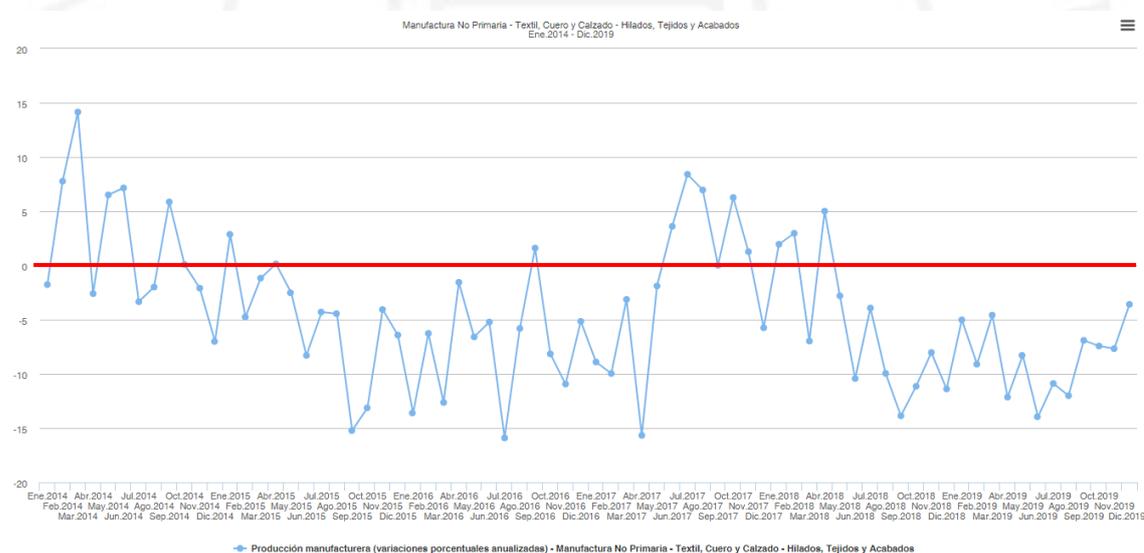
Con la contracción del sector textil en los últimos años (ver figura 1.1), debido a la importación de confecciones chinas subvaluadas, Sudamericana de Fibras S.A. busca nuevas alternativas de negocio con productos que utilicen la fibra acrílica como materia prima para la elaboración de sus productos.

Una de las alternativas de negocio, se orientó hacia el sector construcción, proporcionando microfibras de refuerzo para el fibrocemento y el concreto.

Para llegar a desarrollar esta nueva fibra de refuerzo de alta tenacidad, se tuvo que regular el proceso productivo para poder aplicar un mayor estiraje en caliente en la planta de Acabados, pasando de 28 cN/Tex (352 MPa) a 40 cN/Tex (468 MPa) de tenacidad. El proceso productivo se observa en las figuras 1.2 y 1.3.

Figura 1.1

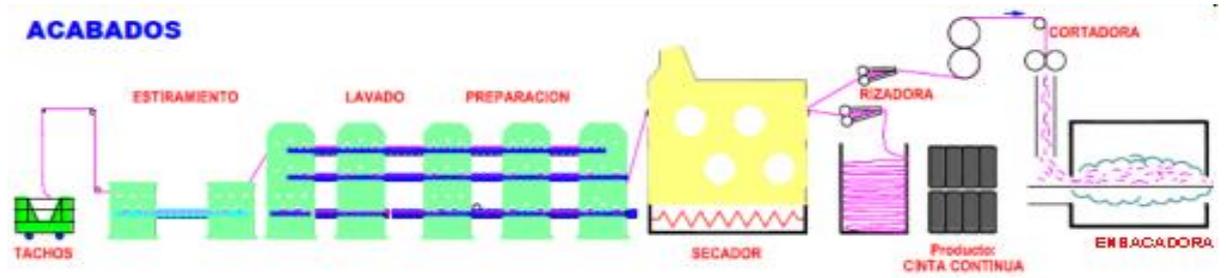
Producción de hilados, tejidos y acabados. Ene 2014 – Dic 2019



Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2020)

Figura 1.2

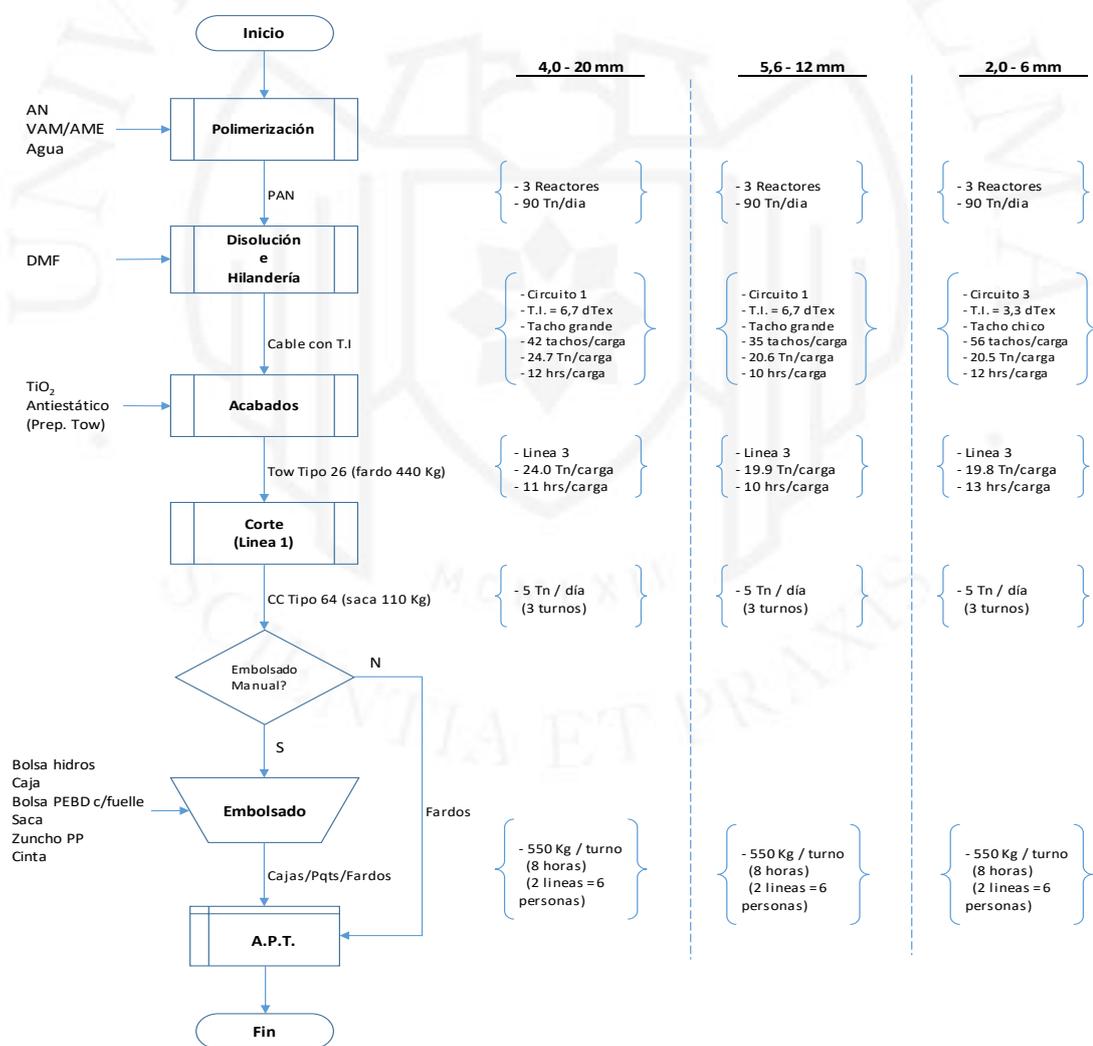
Proceso de Producción: Planta Acabados



Elaboración Propia

Figura 1.3

Diagrama de Flujo del Proceso de Producción de la Fibra de Refuerzo para el Concreto



Elaboración propia

1.3.1 Microfibras de Refuerzo para el Fibrocemento

En la región Sudamérica el principal productor de fibrocemento es Brasil, gran parte de la industria brasilera de fibrocemento utiliza como materia prima principal la fibra de amianto, prohibida en muchos países por ser tóxica para el ser humano. Otra parte de los productores utilizan la fibra PVA, que la importan desde Asia.

En Sudamérica tenemos plantas de producción de fibrocemento en: Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Bolivia, Uruguay, Argentina y Chile. Muchas empresas han cambiado su proceso productivo utilizando fibra PVA en vez del amianto, como es el caso de FABRICA PERUANA ETERNIT. La ventaja competitiva de ofrecer la fibra acrílica en la producción del fibrocemento es la reducción del lead time de travesía del PVA desde Asia hacia Sudamérica y la prohibición del uso del amianto en la región.

Una de las amenazas a tomar en cuenta es la baja constante del precio de la fibra PVA, en enero del 2014 se ubicaba en US\$ 4.18 por Kg. y a finales del 2015 se ubicaba en US\$ 3.28 por Kg. (Fuente: Veritrade Corp. - 2015).

1.3.2 Microfibras de Refuerzo para el Concreto

La importación peruana de microfibra de refuerzo para el concreto (microfibra de polipropileno) entre Enero del 2012 y Diciembre del 2014 fue de 227 TM. a un precio promedio de US\$ 3.92 por Kg. (Fuente: Veritrade Corp. - 2014)

Las comercializadoras y concreteras que utilizan este tipo de fibra, tienen que inmovilizar un stock mínimo de esta fibra para atender los requerimientos de obra y no quedar desbastecidos, adicionalmente desembolsan una cantidad de dinero para generar la importación y deben considerar el tiempo de travesía (lead time) de la misma. Una ventaja competitiva al ofrecer nuestra fibra en el mercado local, es que Sudamericana de Fibras siempre tendrá el stock necesario para atender a los clientes locales y el lead time para los clientes de la región (como Bolivia y Ecuador), disminuía considerablemente.

La microfibra de refuerzo con fibras acrílicas, al pretender ser un aditivo para evitar la fisuración temprana del concreto, debe ser sometida al análisis del Crack Reduction Ratio (CRR), bajo la norma ASTM C1579-06 (2012) “Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete”.

CAPITULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Objetivo General

- Generar mejora continua y nuevos desarrollos de productos para el mercado de fibrocemento y concreto como parte de la estrategia del blindaje del negocio.

2.2 Objetivos Específicos

- Debido a que la microfibrá acrílica de alta tenacidad está sometida a un medio alcalino por los compuestos de cemento y/o concreto, debemos asegurar que la fibra alcance los niveles de resistencia a los álcalis.
- Asegurar el funcionamiento de la microfibrá acrílica de alta tenacidad en el producto terminado de acuerdo a las normas internacionales:

Fibrocemento: Norma ISO 10904:2011, “Fibre-cement corrugated sheets and fittings for roofing and ladding”.

Concreto: Norma ASTM C1579-06 (2012) “Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete”.

- Establecer la disponibilidad adecuada de microfibrá acrílica de alta tenacidad para el mercado local y la región sudamericana.

CAPITULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto estuvo a cargo de la Gerencia de Innovación y Desarrollo de Fibras Técnicas. Para llevar a cabo la comercialización de estos nuevos productos se tuvo como base el desarrollo del embudo de innovación de acuerdo a las etapas correspondientes: DISCOVER (Ideas), DEFINE (Proyectos), DESIGN (Pilotos), DEVELOP (Iniciativas), DELIVER (Negocios).

Dentro de la etapa de Ideas, se determinó que Sudamericana de Fibras S.A. posee la tecnología para desarrollar una fibra de alta tenacidad. Esta fibra puede ser comercializada dentro del sector construcción, en dos frentes:

- Sustituir a las fibras de amianto y PVA que se utilizan como materia en la región para la producción de planchas onduladas de fibrocemento.
- Sustituir a las fibras de polipropileno utilizadas como refuerzo para el concreto que se importan en el Perú y en algunos países de la región.

3.1 Supuestos

En la tabla 3.1 observamos el consumo de fibras de amianto y PVA para la producción de fibrocemento en la región sudamericana para el año 2015. En la tabla 3.2 observamos la importación de fibras de refuerzo para el concreto en el mercado local para el año 2014, según sea importación para distribuidores o para productores de concreto.

En estas dos tablas se observa el potencial de mercado donde Sudamericana de Fibras S.A. tiene el “derecho a jugar”.

Dentro de este gran mercado, contactamos con algunas empresas locales y de la región, obteniendo una alianza estratégica con algunas de ellas para comenzar a realizar las pruebas de campo y laboratorio que nos ayuden a certificar nuestra fibra. Podemos mencionar a Tecnoblock (Perú), Tubasec (Ecuador), Toptec (Colombia) y Decorlit (Brasil) entre los aliados de fibrocemento; Química Suiza (Perú), Sika Perú (Perú) y Sika Bolivia (Bolivia) entre los aliados para antifisuración en el concreto.

Tabla 3.1

Consumo de Fibras en la Producción de Planchas de Fibrocemento. Año 2015

		Consumo 2015		Conversión
		AMIANTO	PVA	PAN
Dosificación		8%	1.8%	1.8%
EMPRESA	PAIS	TM/año	TM/año	TM/año
DURALIT	Bolivia	5,800		1,300
ETERNIT	Brasil	40,000	2,055	11,055
BRASILIT	Brasil		1,000	1,000
ISDRALIT	Brasil	24,320		5,472
MULTILIT	Brasil	15,920		3,582
IMBRALIT	Brasil		2,945	2,945
PRECON	Brasil	12,400		2,720
CONFIBRA	Brasil	9,920		2,232
DECORLIT	Brasil	4,960		1,116
CASALIT	Brasil	2,480		558
PIZARREÑO	Chile		580	580
SKINCO	Colombia		1,320	1,320
ETERNIT	Colombia	5,500		1,200
TOPTEC	Colombia	1,600	240	600
ETERNIT	Ecuador	2,200		500
TUBASEC	Ecuador	2,000		450
ETERNIT	Perú		900	900
TOTAL		127,100	9,040	37,530

Fuente: Asociación Brasileira de Fibrocemento (2015) y Veritrade Corp. (2015)
Elaboración propia

Tabla 3.2

Importación Local de Fibras de Refuerzo para el Concreto. Año 2014

2014	
Importaciones	
RUBRO	TM/año
Distribuidores de Aditivos	45.1
Concreteras	13.5
TOTAL	58.6

Fuente: Veritrade Corp. (2014)
Elaboración propia

Dentro del desarrollo de la adopción técnica y comercial hacia nuestros potenciales clientes, se establece implementar un Laboratorio para realizar mediciones a los especímenes de concreto y/o fibrocemento producidos en Sudamericana de Fibras.

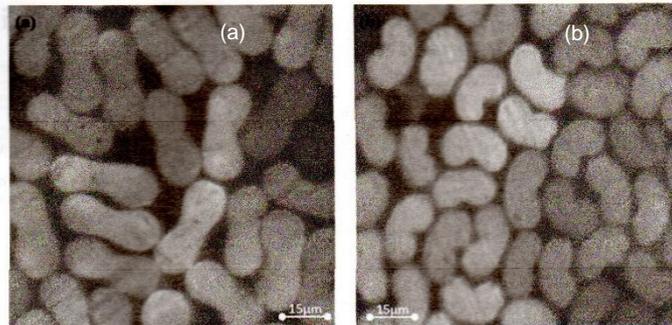
3.2 Oferta de Valor

La fibra acrílica de Sudamericana de Fibras S.A. presenta las siguientes ventajas tecnológicas:

- La dispersión de la fibra acrílica en medio acuoso es muy buena, ayudando en acortar los tiempos de mezclado de las materias primas.
- Por ser una fibra hilada en seco (única en esta parte del continente), con corte transversal en forma de hueso, tiene mejor anclaje a la malla del cemento, adquiriendo buena adhesión en la mezcla. En comparación, la fibra acrílica hilada en húmedo tiene forma de frejol (figura 3.1).

Figura 3.1

Corte transversal de fibra acrílica hilada en seco (a) e hilada en húmedo (b)



Fuente: H.R. Pakravan (2012).

- Por tener una planta en el sur del continente, la disponibilidad de la fibra es inmediata, acortando los tiempos de importación, logrando así que nuestros clientes tengan un mayor flujo de caja.
- La fibra se procesa dentro de un baño de encimaje aniónico, por lo que se hace compatible con el cemento, el cual posee cargas negativas libres.

3.3 Glosario de Términos

- ASTM (American Society for Testing and Materials): Organización que desarrolla y publica normas internacionales para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.
- Concreto: Material utilizado en el sector construcción, compuesto por cemento, áridos (piedra y arena) y aditivos específicos.
- Índice CRR (Crack Reduction Ratio): Porcentaje de rajaduras medidas en comparación con un espécimen patrón de concreto sin reforzamiento con fibras.
- Índice de resistencia a la flexión: Esfuerzo máximo desarrollado en un espécimen justo antes de que se agriete o se rompa. Unidad de medida: N/m, MPa.
- Fibra acrílica hilada en húmedo: Fibra obtenida por la evaporación del solvente a través de un líquido coagulante.
- Fibra acrílica hilada en seco: Fibra obtenida por la evaporación del solvente a través de aire caliente.
- Fibrocemento: Material utilizado en el sector construcción, compuesto por cemento compactado y reforzado con fibras naturales, minerales y/o sintéticas.

- Tenacidad: Es la propiedad que tienen los materiales de absorber energía mecánica durante su deformación antes de que se quiebre o rompa. Unidades: cN/Text (unidades textiles), MPa.



CAPITULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Mercado de Fibrocemento

Dentro de las características técnicas proporcionadas al producto final (planchas onduladas curadas al aire), tenemos la siguiente tabla:

Tabla 4.1

Comparativo de fibras aplicado a los productos de fibrocemento

Propiedad	Amianto	PVA	Acrílica
Resistencia Flexión (N/m)	Excelente	Buena	Buena
Dispersión	Media	Media	Excelente
Impermeabilidad	Excelente	Buena	Excelente
Flexibilidad	Buena	Excelente	Excelente

Elaboración propia

De lograrse los resultados esperados en productos de fibrocemento curados al aire, se podrán realizar pruebas industriales en productos de fibrocemento curados en autoclave. Esta teoría es factible debido a que la fibra acrílica hilada en seco, soporta temperaturas de hasta 300 °C sin perder sus propiedades físicas. El proceso de curado en autoclave tiene como parámetros de trabajo una temperatura de 150 °C bajo una presión de 10 bar.

Un logro para el medio ambiente es la sustitución de las fibras de amianto (crisotilo) en el proceso productivo, éstas están siendo prohibidas en la mayoría de países por ser dañinas para la salud por provocar tres tipos de enfermedades: cáncer de pulmón, mesotelioma maligno y asbestosis.

4.2 Inversión

Es necesario implementar un Laboratorio, donde realizaremos la medición de los ensayos en los productos fabricados en las plantas de nuestros aliados estratégicos.

Tabla 4.2

Inversión detallada del Laboratorio de Fibrocemento y Concreto

DESCRIPCION	CAPACIDAD	INV. APROX. US\$
MAQUINA DE FLEXION CON PISTON VERTICAL	20 KN	22,000
CUBA DE HIDRATACION DE PLANCHAS	1.8 m ³	600
HORNO MICROONDAS	20 lts	90
HORNO ESTUFA DE SECADO	55 lts	1,800
BALANZA DIGITAL	6 Kg. x 100 gr	150
CONOS INHOFF	3 x 1 lt	80
BOMBA DE VACIO		400
AGITADOR TIPO HELICE		100
CABALLETE Y MARCO DE ONDULACION		200
CAMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO		9,500
ZARANDA	5 niveles	800
ANALISIS EN LABORATORIOS EXTERNOS		15,000
MONTAJE Y OBRAS CIVILES		19,500
AUXILIARES		500
Contingencias (aprox. 10%)		7,100
TOTAL		US\$ 77,820

Elaboración propia

4.3 Demanda Proyectada

La demanda proyectada, establecida para el proyecto, se basa en la adopción técnica y la adopción comercial de nuestros potenciales clientes.

La adopción técnica del cliente se logra una vez que alcanzamos los resultados de los ensayos que nos pide el cliente, de acuerdo a la norma técnica para cada caso, bien sea para la producción de fibrocemento o para el concreto.

Una vez que el cliente está satisfecho con los resultados obtenidos en los ensayos, se inicia el proceso de adopción comercial, por medio del cual se establece el precio de venta y el ahorro en costos que obtendrá el cliente, al utilizar nuestra fibra.

Tabla 4.3

Demanda Proyectada de la fibra acrílica de refuerzo para fibrocemento

PAIS	POTENCIAL TM/año	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
BOLIVIA	1,300	-	-	8	20
BRASIL	30,680	-	8	40	200
CHILE	580	-	-	8	20
COLOMBIA	3,120	20	40	150	500
ECUADOR	950	20	20	100	300
PERU	900	-	8	20	100
Margen De Utilidad	US\$/Kg.	1.00	1.00	1.00	1.00
	US\$ '000	40	76	326	1,140

Elaboración propia

Tabla 4.4

Demanda Proyectada de la fibra acrílica de refuerzo para el concreto

PAIS	POTENCIAL TM/año	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
DISTRIBUIDORES	45	5	10	20	40
CONCRETERAS	14	2	2	6	10
Margen De Utilidad	US\$/Kg.	1.00	1.00	1.00	1.00
	US\$ '000	7	12	26	50

Elaboración propia

Con los datos de las tablas 4.2, 4.3 y 4.4, considerando los datos de los 2 primeros años, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 4.5

Resultados económicos del proyecto

VAN	US\$ 46,372.20
TIR	41%
B/C	US\$ 1.60

CAPITULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS

5.1 Determinar la resistencia a la alcalinidad de la fibra acrílica de alta tenacidad

Un primer objetivo fue determinar si la fibra acrílica de alta tenacidad era resistente al medio alcalino. Se somete la fibra a un ensayo de laboratorio, colocando fibra suelta en contacto con diferentes medios alcalinos durante un plazo determinado. Luego de terminado el plazo para cada prueba se miden los valores de finura, resistencia y alargamiento a la rotura.

Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 5.1

Condiciones de Ensayo para determinar resistencia a la alcalinidad

N°	MUESTRA	TRATAMIENTO	METODO DE ENSAYO
Muestra 1	Tow 4,1 dTex Fibra Textil Baja tenacidad	Medio: Inmersión en solución de NaOH 80°C / pH 12 Tiempo: 24 horas	I10.4.12.006 - Determinación de Finura, Resistencia y el Alargamiento a la Rotura de Fibra
Muestra 2	Tow 4,1 dTex Fibra Técnica Alta Tenacidad	Medio: Inmersión en solución de NaOH 80°C / pH 12 Tiempo: 30, 60 y 90 días	
Muestra 3	Tow 4,1 dTex Fibra Técnica Alta Tenacidad	Medio: Contacto directo con KOH sólido 20°C Tiempo: 72 horas	

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Tabla 5.2

Resultados de la Muestra 1, resistencia a la alcalinidad

MUESTRA 1	Original	80 ° C / pH 12
Tiempo de Inmersión	-	24 horas
Finura (dTex)	4.1	4.1
Tenacidad (cN/Tex)	26.0	25.6
% Alargamiento	32.2	30.6

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Tabla 5.3

Resultados de la Muestra 2, resistencia a la alcalinidad

MUESTRA 2	Original	80 ° C / pH 12	80 ° C / pH 12	80 ° C / pH 12
Tiempo de Inmersión	-	30 días	60 días	90 días
Finura (dTex)	4.1	4.07	4.07	4.1
Tenacidad (cN/Tex)	39.0	38.7	35.9	35.0
%Alargamiento	26.0	27.2	26.0	26.0

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Tabla 5.4

Resultados de la Muestra 3, resistencia a la alcalinidad

MUESTRA 3	Original	20 °C
Tiempo de Contacto	-	72 horas
Finura (dTex)	4.1	4.0
Tenacidad (cN/Tex)	39.0	37.2
%Alargamiento	26.0	24.9

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Los resultados que nos muestran las tablas 5.2, 5.3 y 5.4 nos indican que los valores de la muestra original comparados con los de las fibras sometidas en un medio alcalino, no cambian.

5.2 Determinar la resistencia a la flexión de la pasta, al incorporar fibra acrílica de alta tenacidad en una mezcla para fibrocemento

Se confeccionan planchas artesanales de fibrocemento en Sudamericana de Fibras S.A. Estas placas, al ser artesanales, no tienen la compactación de la pasta de un proceso Hatschek, pero nos servirá de referencia para observar la trabajabilidad de la mezcla incorporando la fibra acrílica en la preparación dentro del mezclador.

Las placas resultantes fueron sometidas a una carga (en Kg.) para medir la resistencia a la flexión de cada plancha, de acuerdo a la norma ISO 10904:2011 “Fibercement Corrugated Sheets and Fittings for Roofing and Ladding”. La formulación utilizada la observamos en la tabla 5.5, se prepararon 4 muestras y se dejan reposar por 28 días bajo sombra (curadas al aire).

Tabla 5.5

Formulación para la fabricación de muestras de fibrocemento

MATERIALES	PESO (g)	PORCENTAJE (%)
Fibra alta tenacidad 4.1dTex - 12mm	486.86	3.5%
Carbonato de Calcio	2,295.22	16.5%
Cemento	11,128.32	80.0%
Peso total	13,910.40	100.0%

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

El procedimiento para la confección de las planchas artesanales se explica a continuación:

- Se mezclan los materiales de la fórmula con agua. Una vez obtenida la pasta con mezcla uniforme, ésta se deposita en un molde cribado, la cual es succionada por una bomba para retirar toda el agua excedente de la mezcla, dejando una pasta al 30% de humedad (figuras 5.1 y 5.2).

Figura 5.1

Molde de plancha plana cribada (perforación de 5 mm)



Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Figura 5.2

Succión de agua de la mezcla de fibrocemento



Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

- Se utiliza un molde de plancha ondulada para depositar la pasta húmeda obtenida en el paso anterior, se comprime con un rodillo protegiendo la parte superior con una lámina de plástico. Se deja reposar esta masa por 28 días, bajo sombra lo que se conoce como curado al aire (figura 5.3).

Figura 5.3

Moldeado manual de la pasta húmeda



Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

- Después de 28 días, se sumergen dos planchas por 24 horas para realizar la prueba de resistencia a la flexión, según la norma ISO 10904:2011 “Fiber-cement Corrugated Sheets and Fittings for Roofing and Ladding”. Se deja sin sumergir una plancha para realizar la prueba en seco (fuera de norma). Se comparan también los resultados con planchas comerciales de este producto, se adquieren dos planchas de fibrocemento de la compañía Fábrica Peruana Eternit S.A. y se someten ambas al ensayo en estado húmedo.
- Se utilizaron dos métodos para aplicar la fuerza central: utilizando pesas patrón de 50 Kgs. c/u y con una prensa del taller acondicionado con un barómetro para medir la presión máxima al momento de la fractura de la plancha ondulada (ver figuras 5.4 y 5.5). En los dos métodos la separación libre entre apoyos es de 1100 mm. tal como pide la norma.

Figura 5.4

Aplicación de la fuerza central utilizando pesas patrón certificadas



Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Figura 5.5

Aplicación de la fuerza central utilizando una prensa con barómetro



Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Los resultados de los ensayos lo podemos observar en la tabla 5.6.

Tabla 5.6

Resultados de los ensayos para medir carga de rotura por metro de ancho

METODO	FABRICANTE	L (m)	W (m)	P(Kgf)	Pc (Kgf/m)	P (N)	Pc (N/m)	PRESION (bar)
Pesas	Etemit (hum)	1.10	1.10	363.0	330.0	3,559.81	3,236.19	7.4
	SdF - 1 (hum)	1.10	1.00	163.0	163.0	1,598.48	1,598.48	3.3
	SdF - 2 (hum)	1.10	1.00	113.0	113.0	1,108.15	1,108.15	2.3
Prensa	Etemit (hum)	1.10	1.10	320.5	291.4	3,143.42	2,857.66	6.0
	SdF - 3 (hum)	1.10	1.00	141.1	141.1	1,384.13	1,384.13	2.5
	SdF - 4 (seca)	1.10	1.02	130.9	128.3	1,283.60	1,258.43	2.3

Fuente: Sudamericana de Fibras S.A. (2015)
Elaboración propia

Donde:

L = longitud libre entre apoyos

W = ancho de la plancha ondulada

P = Carga de rotura

Pc = Carga de rotura por metro de ancho

De acuerdo a estos resultados, para las planchas artesanales onduladas de SdF en estado húmedo, tenemos un promedio de 1,363.60 N/m, ubicándose estos resultados dentro de la categoría B-BL2 de la norma.

5.3 Prueba a escala industrial para la fabricación de planchas onduladas de fibrocemento

Con los resultados obtenidos en las tablas 5.2, 5.3, 5.4 y 5.6, se propone ofrecer la fibra acrílica de alta tenacidad a empresas de fibrocemento locales y de la región, mencionadas en el punto 3.1, algunas de las cuales se interesaron por el proyecto de aplicación de fibra acrílica en planchas de fibrocemento curadas al aire. Se inician las pruebas a escala industrial en el proceso productivo de Toptec (Colombia) y Tubasec (Ecuador).

5.3.1 Prueba industrial en planta TOPTEC (Colombia)

TOPTEC se ubica en Manizales, Colombia, tiene tres líneas de producción: planchas onduladas con fibra de amianto, planchas onduladas con fibra de PVA (ambas son curadas al aire) y planchas planas curadas en autoclave, estas últimas no utilizan fibra PVA debido a que por la presión y temperatura de la autoclave, las fibras se degradarían.

Los resultados de las pruebas se encuentran en la tabla 5.8.

Tabla 5.7

Formulación de las pruebas industriales en la planta Toptec (Colombia)

Fecha de Producción	Patrón 23-Oct-15	Ensayo 1 23-Oct-15	Ensayo 2 23-Oct-15	Ensayo 3 23-Oct-15	Ensayo A 05-Oct-15
Cemento	72.4%	66.2%	66.2%	72.7%	72.7%
Carbonato	18.7%	25.2%	25.2%	18.7%	18.7%
Celulosa Virgen 100%	3.2%		3.1%	3.1%	3.1%
Celul. Virgen / Recicl. 50%		3.1%			
Fibra PVA	1.9%				
Fibra PAN (acrílica SdF)		1.8%	1.8%	1.8%	1.8%
Metacaolin	2.3%	0.9%	0.9%	0.9%	0.9%
Bentonita	1.6%	2.8%	2.8%	2.8%	2.8%

Fuente: Toptec S.A. (2015)

Elaboración propia

Tabla 5.8

Resultados de las pruebas industriales en la planta Toptec (Colombia)

Días de fabricación a ensayos		Rango	Patrón 5	Ensayo 1 5	Ensayo 2 5	Ensayo 3 5	Ensayo A 8
Resistencia a la Flexión	N/m	≥ 2500	2,700	2,535	2,591	2,696	2,687
Espesor	mm	5,5 ± 0,2	5.7	5.7	5.8	5.7	5.4
Densidad	g/cc	≥ 1,43	1.44	1.44	1.43	1.42	1.43
Absorción de agua	%	≤ 28	25.9%	24.8%	26.1%	27.3%	25.4%
Deflexión	mm		47	20	35	37	47

Fuente: Toptec S.A. (2015)

Elaboración propia

Los resultados de las pruebas se encuentran dentro del rango especificado de la norma, la cual indica para la categoría C-BL5 una carga por metro mínima de 2,500 N/m.

5.3.2 Prueba industrial en planta TUBASEC (Ecuador)

TUBASEC se ubica en Riobamba, Ecuador, tiene dos líneas de producción: planchas onduladas y planchas planas con fibra de amianto (ambas son curadas al aire). Al ser una planta productora de planchas con fibra de amianto curadas al aire, no necesitan autoclave y no poseen un refinador de celulosa en su proceso productivo.

Los resultados de las pruebas se encuentran en la tabla 5.10.

Tabla 5.9

Formulación de las pruebas industriales en la planta Tubasec (Ecuador)

Fecha de Producción	Patrón 15-Jul-15	Ensayo 1 15-Jul-15	Ensayo 2 30-Jul-15
Cemento	81.0%	78.8%	78.8%
Carbonato	6.0%	9.3%	9.3%
Celulosa Virgen 100%	5.0%	5.0%	5.0%
Fibra Crisotilo (amianto)	8.0%		
Fibra PAN (acrílica SdF)		1.9%	1.9%
Caolin		2.0%	2.0%
Bentonita		3.0%	3.0%

Fuente: Tubasec C.A. (2015)

Elaboración propia

Tabla 5.10

Resultados de las pruebas industriales en la planta Tubasec (Ecuador)

Días de fabricación a ensayos			Patrón	Ensayo 1	Ensayo 2
		Rango	21	21	14
Resistencia a la Flexión	N/m	≥ 4500	4,800	3,754	3,060
Espesor	mm	$6,5 \pm 0,5$	6.7	6.0	6.5
Densidad	g/cc	$\geq 1,40$	1.45	1.37	1.30
Absorción de agua	%	≤ 28	26.9%	29.7%	30.3%

Fuente: Tubasec C.A. (2015)

Elaboración propia

Tubasec, por un tema de marketing, deseaba superar los 4250 N/m en resistencia a la flexión, como dicta la norma ASTM C 221-98 (2014) para las placas onduladas de asbestocemento, cuando la norma para fibras sintéticas ISO 10904:2011 indica un mínimo de 2500 N/m para la categoría C-BL5 ó 3500 N/m para la categoría C-BL6.

Tubasec, al producir planchas con crisotilo (amianto), no utiliza refinador de celulosa ni realiza el curado en autoclave para sus planchas planas. De acuerdo a su proceso productivo se tuvo que adaptar la formulación para poder obtener los mejores resultados en los ensayos con dichas limitaciones.

5.4 Determinar el porcentaje de CRR de la microfibrilla acrílica de alta tenacidad

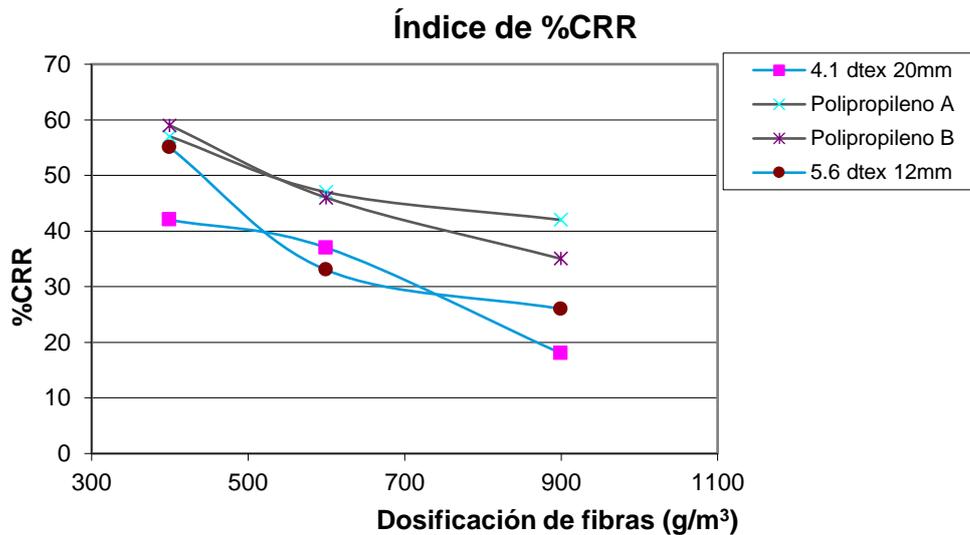
Se realiza el ensayo de CRR (Crack Reduction Ratio) para la fibra acrílica de alta tenacidad. Al igual que en el caso del fibrocemento, se comparan las fibras de polipropileno de la competencia (Fibermesh 150 de Propex, Sikafiber PE de Sika) contra la nuestra.

Para este ensayo se utilizó la norma ASTM C 1579-06 “Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete”, el ensayo lo realizó en sus instalaciones el Laboratorio MASTERLEM.

Los resultados los podemos observar en la figura 5.6.

Figura 5.6

Determinación del %CRR en la fibra acrílica de alta tenacidad.



Fuente: Masterlem S.A.C. (2016)
Elaboración propia

La figura 5.6 nos indica que para una dosificación de 400 g. de la fibra de 20 mm o con 500 g. de la fibra de 12 mm, tenemos mejores resultados que la dosificación de 600 g. de la fibra de polipropileno, originando un ahorro en el costo del consumidor.

5.5 Mejora en el embalaje primario de la fibra de refuerzo para el concreto

La dosificación de la fibra de refuerzo para el concreto es de 600 g/m^3 para condiciones normales de trabajo. En una primera etapa se determinó que la fibra debía ser envasada en paquetes de papel hidrosoluble conteniendo 600 g. de microfibra cada una.

Esta alternativa elevaba los costos del producto, colocando el precio de venta inicial de nuestro producto por encima del precio de importación, por lo que se determinó mejorar los costos utilizando bolsas hidrosolubles como embalaje primario. Las bolsas se importan de China a un precio de US\$ 0.15 por unidad a comparación de la bolsa hidrosoluble importada de Colombia que cuesta US\$ 0.28 por unidad.

En la tabla 5.11 observamos que se mejoró el costo de producción en 7.3%. Tomando como precio de referencia el precio promedio de importación del 2014 que fue de US\$ 3.92 por Kg. logramos una mejoría en el margen de utilidad por cada Kg. pasando de US\$ 0.93 a US\$ 1.15 por Kg. (se incrementó el margen en 23.7% más que la propuesta original, ver tabla 5.12).

Tabla 5.11

Mejora del costo de producción

	ORIGINAL		MEJORA 1	
	US\$ x 600gr	US\$ x 1000gr	US\$ x 600gr	US\$ x 1000gr
Costo Prod. Fibra (600 g)	1.35	2.25	1.35	2.25
Empaque de Papel	0.28	0.47	-	-
Bolsa Hidrosoluble	-	-	0.15	0.25
Caja de Cartón	0.05	0.09	0.05	0.09
Costos Logísticos	0.11	0.18	0.11	0.18
Total Costos	1.79	2.99	1.66	2.77
Ahorro en Costos				-7.3%

Elaboración propia

Tabla 5.12

Incremento del Margen de Utilidad

	ORIGINAL	MEJORA 1
	US\$ x 1000gr	US\$ x 1000gr
Total de Costos (ver Tabla 5.11)	2.99	2.77
Margen de Utilidad	0.93	1.15
Precio de Venta	3.92	3.92
Incremento en el Margen de Utilidad		23.7%

Elaboración propia

En la etapa de introducción del producto en el mercado, las bolsas se importaban impresas con el logo del producto. El problema se originó cuando cada aliado estratégico quería colocar su marca. La importación de estas bolsas con el logo del cliente impreso tenían un tiempo de demora de 60 días, ocasionando que en el Almacén General se manejen stocks mínimos para cada tipo de bolsa con logo impreso. Se optó, por traer bolsas sin logo e imprimirlas mediante serigrafiado a nivel local, esto abarató en US\$ 0.01 el costo de la bolsa (figura 5.7).

Hoy se expende el producto en estas bolsas y el consumidor final, solo tiene que añadir la bolsa completa en la mezcla de cemento, aditivos y agua para que la fibra se distribuya uniformemente debido a la alta dispersión que tiene la fibra acrílica en comparación con el polipropileno que tiende a flotar en la superficie del agua ocasionando mayor tiempo de mezclado.

Figura 5.7

Embalaje primario: (antes) empaque de papel, (ahora) bolsa hidrosoluble en agua



(antes)



(ahora)

Elaboración propia

5.6 Mejora en el embalaje secundario de la fibra de refuerzo para el concreto

Para reducir aún más los costos del producto se propone expender las bolsas de 600 g. en paquetes de plástico conteniendo 8 bolsas de 600 g. c/u. Durante el lanzamiento del producto, se optó por colocar 8 bolsas x 600 g. dentro de una caja de cartón, la cual costaba US\$ 0.434 c/u. Se propone empaquetar 8 bolsas hidrosolubles de 600 g. en paquetes de bolsa de plástico con fuelle de 18" x 25", la cual cuesta US\$ 0.170 c/u (figura 5.8)

En la tabla 5.13 observamos que se mejoró el costo de producción en 2.0%. Tomando como precio de referencia el precio promedio de importación del 2014 que fue de US\$ 3.92 por Kg. logramos una mejoría en el margen de utilidad por cada Kg. pasando de US\$ 1.15 con la MEJORA 1 a US\$ 1.20 por Kg. (se incrementó el margen en 4.3% más que la MEJORA 1, ver tabla 5.14).

Tabla 5.13

Mejora del costo de producción

	MEJORA 1		MEJORA 2	
	US\$	US\$	US\$	US\$
	x 600gr	x 1000gr	x 600gr	x 1000gr
Costo Prod. Fibra (600 g)	1.35	2.25	1.35	2.25
Bolsa Hidrosoluble	0.15	0.25	0.15	0.25
Caja de Cartón	0.05	0.09	-	-
Empaque plástico con fuelle	-	-	0.02	0.04
Costos Logísticos	0.11	0.18	0.11	0.18
Total Costos	1.66	2.77	1.63	2.72
Ahorro en Costos				-2.0%

Elaboración propia

Tabla 5.14

Incremento del Margen de Utilidad

	MEJORA 1	MEJORA 2
	US\$ x 1000gr	US\$ x 1000gr
Total de Costos (ver Tabla 5.13)	2.77	2.72
Margen de Utilidad	1.15	1.20
Precio de Venta	3.92	3.92
Incremento en el Margen de Utilidad		4.3%

Elaboración propia

Para estas dos mejoras, hubo una reducción de costos del 9.0% y el incremento total en el margen de utilidad pasó de US\$ 0.93 a US\$ 1.20 por Kg. obteniendo un incremento total de 29.0%. Esto nos sirve para poder establecer un plan de adopción comercial hacia nuestros potenciales clientes.

Figura 5.8

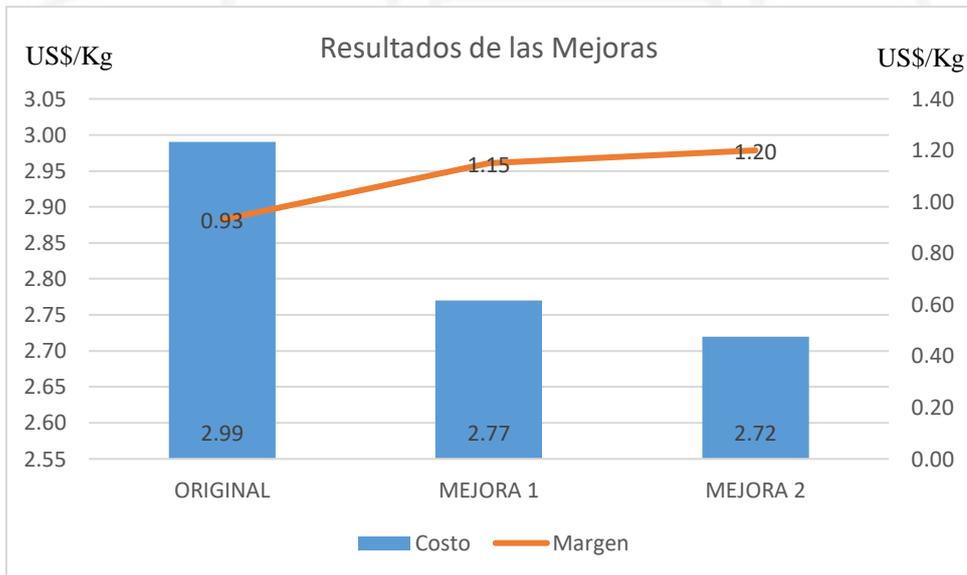
Embalaje secundario: (antes) caja de cartón 40 x 24 x 28 cm, (ahora) empaque plástico transparente de polietileno con fuelle, tamaño 18” x 25”



Elaboración propia

Figura 5.9

Gráfico de Resultados de las Mejoras Realizadas



Elaboración propia

CONCLUSIONES

- La microfibrá acrílica de alta tenacidad es resistente en un medio alcalino, por lo tanto podrá mezclarse con componentes cementicios sin tener degradación de la fibra.
- La microfibrá acrílica de alta tenacidad cumple con las normas internacionales de los productos terminados, tanto para el fibrocemento como para el concreto.
- Con la actual capacidad de planta (36,000 TM anuales), se logra establecer la disponibilidad necesaria para el mercado local y regional, logrando así abastecer el mercado de manera inmediata.



RECOMENDACIONES

- En el Perú aún falta trabajar con el estándar de dosificación de la fibra en el concreto. En las obras públicas y privadas, está muy difundida la dosificación de 600 g/m^3 de concreto, siendo suficiente una dosificación con 400 g/m^3 de microfibra acrílica de alta tenacidad en comparación con las microfibras de polipropileno, originando un ahorro para el productor de concreto (ver figura 5.6). Este cambio en la mentalidad para el uso de microfibra acrílica de refuerzo, se puede lograr trabajando desde las universidades e institutos, difundiendo los estudios realizados con este tipo de fibra.
- Los resultados en los ensayos industriales de fibrocemento, demuestran que la microfibra acrílica de alta tenacidad puede competir con la fibra PVA, asimismo se demuestra que con una dosificación menor que la fibra de PVA (de 1.9% pasa a 1.8%), se obtienen resultados semejantes, obteniendo así un menor costo de producción para el fabricante.
- Un estudio reciente con planchas planas autoclavadas, aseguran que la microfibra acrílica de alta tenacidad puede mejorar las propiedades mecánicas, dentro de las cuales es muy apreciada la apariencia exterior de las placas (aún en pruebas iniciales).

REFERENCIAS

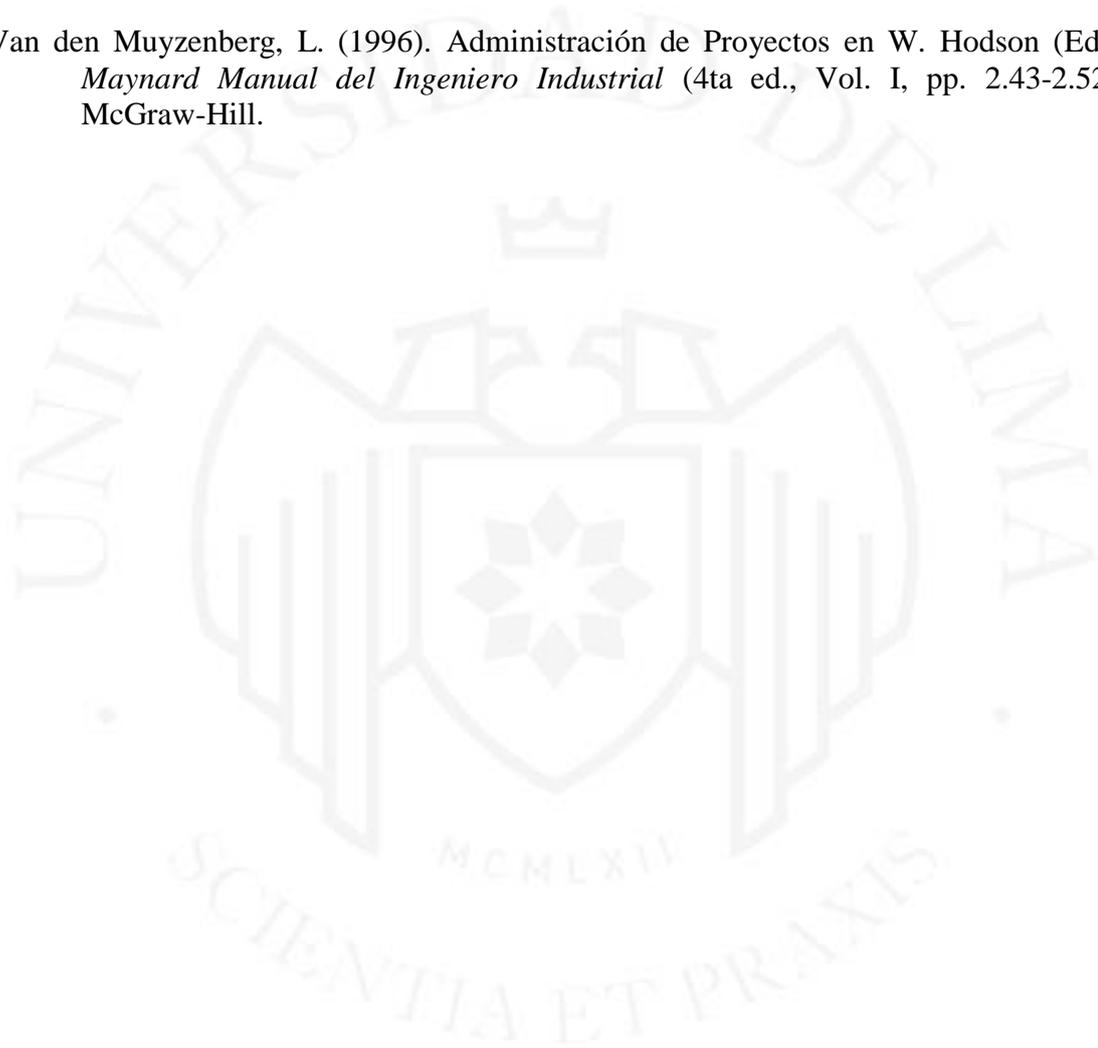
- Banco Central de Reserva del Perú, Gerencia Central de Estudios Económicos, recuperado de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/mensuales/resultados/PN01921AM/html/2014-1/2019-10/>
- H.R. Pakravan (2012). Influence of Acrylic Fibers Geometry on the Mechanical Performance of Fiber-Cement Composites, pp. 1-8
- INEI, 2014, Producción Nacional Enero – Diciembre 2014, Informe Técnico N°2 – Febrero 2015, pp. 19 – 22
- INEI, 2019, Informe Técnico Producto Bruto Interno Trimestral, No 4 – Noviembre 2019, p. 16
- Masterlem S.A.C., Informe Técnico Evaluación de las Propiedades del Concreto, en Estado Fresco y Endurecido, reforzado con Fibras Microsintéticas (2016)
- Sudamericana de Fibras S.A., Informe de Laboratorio “Resistencia a los álcalis de la fibra acrílica” (2015)
- Sudamericana de Fibras S.A., Informe de Ensayo en Planchas Onduladas Artesanales (2015)
- Toptec, Informe de Ensayo en Planchas Onduladas con Fibra PAN, (2015)
- Tubasec, Informe de Ensayo en Planchas Onduladas con Fibra PAN (2015)
- Veritrade Corp., recuperado de <https://www.veritradecorp.com/>

BIBLIOGRAFÍA

Banthia, N., Bindiganavile, V., Jones, J. and Novak, J. (2012). Fiber-reinforced concrete in precast concrete applications: Research leads to innovate products. *PCI Journal* 57(3), 33-46. <https://doi.org/10.15554/pcij.06012012.33.46>

Gibellini, R. y Sato, S. (1989). *Proyectos, Producción y Logística*. Grafital.

Van den Muyzenberg, L. (1996). Administración de Proyectos en W. Hodson (Ed.), *Maynard Manual del Ingeniero Industrial* (4ta ed., Vol. I, pp. 2.43-2.52). McGraw-Hill.





ANEXOS

Anexo 1: ASTM C1579-06 (2012) “Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete”



Designation: C1579 – 06 (Reapproved 2012)

Standard Test Method for Evaluating Plastic Shrinkage Cracking of Restrained Fiber Reinforced Concrete (Using a Steel Form Insert)¹

This standard is issued under the fixed designation C1579; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method compares the surface cracking of fiber reinforced concrete panels with the surface cracking of control concrete panels subjected to prescribed conditions of restraint and moisture loss that are severe enough to produce cracking before final setting of the concrete.

1.2 This test method can be used to compare the plastic shrinkage cracking behavior of different concrete mixtures containing fiber reinforcement.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.)²*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*³

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C143/C143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete

C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C403/C403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance

C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.42 on Fiber-Reinforced Concrete.

Current edition approved April 1, 2012. Published October 2012. DOI: 10.1520/C1579-06R12.

² Section on Safety Precautions, Manual of Aggregate and Concrete Testing, *Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.02.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

for Test Methods for Construction Materials
C995 Test Method for Time of Flow of Fiber-Reinforced Concrete Through Inverted Slump Cone (Withdrawn 2009)⁴

3. Summary of Test Method

3.1 Panels of control concrete and fiber reinforced concrete are prepared in a prescribed manner and are exposed to controlled drying conditions after finishing. The drying conditions (See Note 1) are intended to be severe enough to induce plastic shrinkage cracking in test panels made of control concrete. The evaporation rate from a free water surface is monitored by pans placed next to the panels in the environmental chamber.

Note 1—An important parameter in this method is the rate of evaporative water loss, which is controlled by the atmospheric conditions surrounding the test specimens. Since the concrete specimens will not always have the same rate of water evaporation as the pan of water (due to evaporative and bleeding effects), the rate of evaporation of 1.0 kg/m²·h from the pan of water represents the minimum evaporation rate that must be attained for this test (1).⁵ The moisture loss from the concrete test panels can also be monitored and reported, however, the rate of evaporation from the free surface of the water in the pan is the parameter that should be used to quantify the drying environment.

3.2 The test is terminated at the time of final setting of the concrete determined in accordance with Test Method C403/C403M. At 24 h from initial mixing, the average crack width is determined.

3.3 A cracking reduction ratio (CRR) is computed from the average crack width for the fiber-reinforced concrete panels and the average crack width for the control concrete panels.

4. Significance and Use

4.1 The test method is intended to evaluate the effects of evaporation, settlement, and early autogenous shrinkage on the plastic shrinkage cracking performance of fiber reinforced concrete up to and for some hours beyond the time of final setting (See Terminology C125).

⁴ The last approved version of this historical standard is referenced on www.astm.org.

⁵ The boldface numbers in parentheses refer to the list of references at the end of this standard.

Anexo 2: ASTM C221-98 (2014), “Standard Specification for Corrugated Asbestos-Cement Sheets”



Designation: C221 – 98 (Reapproved 2014)

Standard Specification for Corrugated Asbestos-Cement Sheets¹

This standard is issued under the fixed designation C221; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscripted epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers corrugated asbestos-cement sheet products and lists accessories used in conjunction with application. Corrugated asbestos-cement sheets are designed for the following purposes:

1.1.1 To provide weather-resistant surfaces of roofs, walls, and other elements of buildings and structures, and

1.1.2 For decorative as well as functional uses in any area where a corrugated sheet may be advantageous.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.3 **Warning**—Breathing of asbestos dust is hazardous. Asbestos and asbestos products present demonstrated health risks for users and for those with whom they come into contact. In addition to other precautions, when working with asbestos-cement products, minimize the dust that results. For information on the safe use of chrysotile asbestos, refer to “Safe Use of Chrysotile: A Manual on Preventive and Control Measures.”²

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 The following documents of the issue in effect on date of material procurement form a part of this specification to the extent referenced herein:

2.2 *ASTM Standards*:³

C150 Specification for Portland Cement

C595 Specification for Blended Hydraulic Cements

D2946 Terminology for Asbestos and Asbestos-Cement Products

2.3 *Federal Standard*:⁴

Fed. Std. No. 123 Marking for Domestic Shipment (Civilian Agencies)

2.4 *Military Standard*:⁴

MIL-STD-129 Marking for Shipment and Storage

3. Terminology

3.1 *Definitions*:

3.1.1 *density*—mass per unit volume, expressed in g/cm³ (or lb/ft³).

3.1.2 *flexural strength*—the average breaking load in newtons per metre of width (or lb/ft of width) of dried specimens loaded as simple beams on a 762 mm (30 in.) span with the load applied equally and simultaneously at both one-third points of the span.

3.1.2.1 *Discussion*—The flexural performance is defined as the moment capacity in N·m/m (or ft. lb/ft) of width obtained from the product of flexural strength and span divided by 6.

3.1.3 *pitch*—the distance from center point to center point of adjacent crests of an asbestos-cement product of corrugated or grooved cross-section.

3.1.4 For additional definitions refer to Terminology D2946.

3.2 *Definitions of Terms Specific to This Standard*:

3.2.1 *water absorption*—for the purpose of this specification, the increase in mass of the test specimen is expressed as a percentage of its dry mass after immersion in water for 24 h.

4. Classification

4.1 The asbestos-cement corrugated sheets furnished under this specification shall be manufactured to meet a minimum bending moment determined by loading equally and simultaneously at both one-third points of the test span. The types of asbestos-cement corrugated sheets manufactured are given in Table 1.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C17 on Fiber-Reinforced Cement Products and is the direct responsibility of Subcommittee C17.03 on Asbestos - Cement Sheet Products and Accessories.

Current edition approved Dec. 1, 2014. Published December 2014. Originally approved in 1948. Last previous edition approved in 2008 as C221 – 98(2008). DOI: 10.1520/C0221-98R14.

² Available from The Asbestos Institute, http://www.chrysotile.com/en/user_manual.htm.

³ For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

⁴ Available from Standardization Documents Order Desk, DODDSR, Bldg. 4, Section D, 700 Robbins Ave., Philadelphia, PA 19111-5098, <http://dstp.daps.dla.mil>.

Anexo 3: Norma ISO 10904:2011, “Fibre-cement corrugated sheets and fittings for roofing and ladding”

NTE INEN ISO 10904

2014-02

Láminas onduladas de fibro-cemento y accesorios para cubiertas y revestimientos

1 Objeto

Esta Norma Nacional especifica los requisitos técnicos y métodos para la inspección y ensayo de las láminas onduladas de fibrocemento rectas cortas y largas y sus accesorios de fibrocemento diseñados para proveer cubiertas a las superficies expuestas a la intemperie y a las paredes internas y externas de edificios.

Los productos cubiertos por esta Norma Nacional pueden utilizarse para otros propósitos, siempre que cumplan con el código o norma de aplicación nacional o internacional apropiado.

Algunos de los requisitos de esta Norma nacional pueden aplicarse, después del acuerdo entre el fabricante y el cliente, sobre láminas onduladas curvas.

Los ensayos de tipo descritos en esta Norma Nacional no pretenden evaluar el funcionamiento del recubrimiento en aislamiento (solidez del color, adhesión etc.). Sobre los requisitos de funcionamiento específicos para revestimientos se hace referencia en otras Normas Internacionales o nacionales.

Esta Norma Nacional no se aplica a láminas onduladas de fibrocemento y accesorios reforzados con fibras de asbesto.

2 Referencias Normativas

Los siguientes documentos de referencia son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier enmienda).

ISO 390:1993, *Productos de cemento reforzado con fibras — Muestreo e inspección-*

ISO 2602:1980, *Interpretación estadística de los resultados de ensayo — Estimación de la media — Intervalo de confianza*

ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos — Parte 1: Planes de muestreo clasificados por límite de calidad de aceptación (AQL) para la inspección lote por lote.*

ISO 3951-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por variables — Parte 1: Especificaciones para los planes de muestreo simple indexado por límite de calidad de aceptación (AQL) para la inspección lote por lote para una sola característica de calidad y un solo AQL.*

ISO 12468-1, *Exposición externa de los techos al fuego — Parte 1: Método de ensayo.*

ISO 12468-2, *Exposición externa fuego a techos — Parte 2: Clasificación de los tejados.*

EN 15057, *Laminas perfiladas de Fibrocemento — Método de ensayo de resistencia al impacto*

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de este documento, se aplican las siguientes definiciones:

3.1

Lámina ondulada

Elemento cuya sección transversal se compone de ondulaciones.

NOTA 1 Se muestran ejemplos en la Figura 1.

NOTA 2 Las ondulaciones se definen por la longitud de la onda *a*, y su altura, *h*.

2014-0949

USO EXCLUSIVO SUDAMERICANA DE FIBRAS ECUADOR S.A.
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN
2015-11-27

© ISO 2011 – Todos los derechos reservados
© INEN 2014

1 de 57