

PROYECTO FONDEF DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

INFORME FINAL

TITULO DEL PROYECTO: PANEL AISLANTE TERMICO SUSTENTABLE A PARTIR DE CORTEZA DE EUCALYPTUS SP.

CÓDIGO DEL PROYECTO: ID14I10081

FECHA DE EMISION: 18/04/2017

FIRMA DEL (DE LA) DIRECTOR(A) DEL PROYECTO
CECILIA ANDREA FUENTEALBA BECERRA

I. Acta De Término Del Proyecto

1.1 Identificación del proyecto

TITULO DEL PROYECTO	PANEL AISLANTE TERMICO SUSTENTABLE A PARTIR DE CORTEZA DE EUCALYPTUS SP.
CÓDIGO FONDEF	ID14I10081
DIRECTOR(A) DEL PROYECTO	CECILIA ANDREA FUENTEALBA BECERRA
INSTITUCIÓN(ES) BENEFICIARIA(S)	UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
EMPRESA Y OTRAS ENTIDADES ASOCIADAS	FULGHUM FIBRES CHILE S.A. MODULOS WEWFE LTDA. ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN TOMÁS PABLO VERA EIRL

1.2 Ejecución del proyecto

FECHA DE TOMA DE RAZON POR LA CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA	26/12/2014
DURACIÓN CONTRACTUAL	24
FECHA EFECTIVA DE INICIO	26/12/2014
FECHA EFECTIVA DE TÉRMINO	26/12/2016
DURACIÓN EFECTIVA	24

1.3 Plan de Continuidad

Nombre Institución Beneficiaria	Nombre Representante Legal	Firma
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	SERGIO ALFONSO LAVANCHY MERINO	Firma Electrónica

1.4 Tabla de Conformidad

Nombre Institución Empresa u Otra Entidad Socia	Nombre Representante Legal	Documento conformidad
FULGHUM FIBRES CHILE S.A.		
MODULOS WEWFE LTDA.		
ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN TOMÁS PABLO VERA EIRL		

II. Informe Ejecutivo

2.1 Resumen Ejecutivo

Versión en Castellano

El proyecto Fondef ID14i10081 tuvo por objetivo “desarrollar un prototipo de panel en base a fibras de corteza de eucalipto, con buenas propiedades de aislación térmica, baja huella ecológica, precio competitivo y con prestaciones técnicas que respondan a las exigencias del sector de la construcción en Chile”. Se trabajó con las empresas: Fulghum Fibras Chile S.A., interesada en valorizar la corteza de eucalipto; Urbo Arquitectura y Construcción sustentable Eirl., interesada en el desarrollo de un material sustentable y de baja huella ecológica; y Módulos Wewfe Ltda, interesada en un material aislante con buenas prestaciones técnicas para sistemas modulares. Además, se contó con la colaboración y asesoramiento del prof. Dr. Andreas Michanickl (Universidad de Rosenheim, Alemania) y de la Cámara Chilena de la Construcción. El estudio se llevó a cabo en tres etapas. En la primera, se caracterizó la corteza de eucalipto y se evaluaron diferentes alternativas de procesamiento mecánico para obtener un material fibroso apto para la fabricación de paneles aislantes. Las tecnologías estudiadas fueron: trituración, refinación, molienda con cuchillos y molienda con martillos. Se observó que la corteza es un material muy heterogéneo que requiere de una disminución de tamaño para facilitar su procesamiento. La obtención de fibras con alta razón de esbeltez se logró utilizando un triturador y un molino de martillos, alcanzando un rendimiento de fibra superior al 75%. Además, se realizaron estudios preliminares de tratamiento térmico a las fibras, para mejorar su hidrofobicidad y resistencia al ataque de hongos. Sin embargo, los beneficios obtenidos de este proceso fueron inferiores a los costos asociados, por lo que no se continuó con la investigación en este ámbito. En la segunda etapa se fabricaron paneles aislantes con el material fibroso obtenido. El estudio se enfocó en el encolado de fibras con resina fenólica y el prensado de los paneles. Se identificó que el material fibroso es fácilmente compactable, por lo que el mezclado no debe incluir elementos como aspas que presionen el material. Adicionalmente, la inyección spray de la resina fue la forma más idónea de aplicación. Respecto al prensado, se probaron dos tipos de tecnologías: placas calientes y vapor saturado (190°C). El tiempo de prensado fue variable entre ambos, siendo hasta tres veces mayor utilizando placas calientes. Por tanto, se escogió el prensado con vapor saturado para el curado de la resina. Se logró fabricar paneles de fibras de corteza de eucalipto rígidos y flexibles con densidad variable entre 80 – 300 kg/m³ y 25 – 100 kg/m³, respectivamente, los cuales fueron caracterizados en cuanto a su conductividad térmica, difusividad térmica, absorción de agua, permeabilidad al vapor de agua, resistencia al ataque de mohos y resistencia al avance de la llama en sentido horizontal. En todos los ensayos se comparó con un producto comercial (lana de vidrio). Se observó que la conductividad térmica se ve afectada directamente con la densidad del material, siendo más baja a menor densidad. Se alcanzaron valores entre 0,054 – 0,068 W/m K y 0,04 – 0,047 W/mK, para rígidos y flexibles, respectivamente, los cuales demostraron las características aislantes de los materiales. Según publicaciones relacionadas al tema, se define un material aislante como aquel cuya conductividad térmica es inferior a 0,07 W/m K. La difusividad térmica del material fue inferior a la lana de vidrio, revelando una mayor inercia térmica frente a los cambios externos de temperatura. La permeabilidad al vapor de agua mostró que los materiales tienen mayor resistencia al paso de vapor que la lana de vidrio, pero aún son permeables, lo cual favorece el control de humedad al interior de las habitaciones, disminuyendo la ventilación forzada y pérdidas de calor. Respecto a la absorción de agua, resistencia a mohos y resistencia a la llama, se identificó la necesidad de incorporar aditivos para proteger el panel. En la tercera etapa los paneles fueron recubiertos con distintos revestimientos tales como papel Kraft, plancha de OSB, plancha de contrachapado, aluminio térmico y yeso, a fin de otorgarle al panel propiedades mejoradas tanto en aislación térmica, manejabilidad, aplicabilidad y permeabilidad al vapor de agua. Se demostró la factibilidad de producir prototipos de paneles aislantes con cualidades mejoradas, siendo adecuados para aplicaciones en muros, interior de paredes, pisos y techumbres. Adicionalmente, se identificaron alternativas

de inserción al mercado de los prototipos desarrollados, los cuales consisten en productos tipo colchonetas de 1,2 x 1,2 m² con espesor variable entre 5 y 10 cm.

Versión en Ingles

The Fondef Project ID14i10081 aimed to "develop an insulating panel based on eucalyptus bark fibers, with good thermal insulation properties, low ecological footprint, competitive price and technical performance that meet the requirements of the construction sector in Chile". We worked in collaboration of the following companies: Fulghum Fibras Chile S.A., interested in valorizing the eucalyptus bark; Urbo Arquitectura Eirl., interested in the development of a sustainable material with a low ecological footprint; and Módulos Wewfe Ltda, interested in developing insulation material with good technical performance for modular systems. In addition, we had the collaboration and advice of prof. Dr. Andreas Michanickl (University of Rosenheim, Germany) and the Chilean Chamber of Construction. The study was carried out in three stages. In the first one, the eucalyptus bark was characterized and different mechanical processing alternatives were evaluated in order to obtain a fibrous material suitable for the manufacture of insulating panels. Grinding, refining, milling with knives and milling with hammers were studied. It was observed that the bark is a very heterogeneous material that requires a decrease in size to facilitate its processing. The obtaining of fibers with high slenderness ratio was achieved using a crusher and a hammer mill, achieving a fiber yield of more than 75%. In addition, preliminary studies about heat treatment of fiber were carried out to improve its hydrophobicity and resistance to fungal attack. However, the benefits obtained from this process were lower than the costs, so the research in this area was not continued. In the second stage, insulation panels were made with the obtained fibrous material. The study focused on the glueing of fibers with phenolic resin and the pressing of the panels. It was identified that the fibrous material is easily compactable, so mixing should not include elements such as blades that press the material. In addition, spray injection of the resin was the most suitable form of application. Two types of technologies were tested for pressing: hot plates and saturated steam (190 ° C). The pressing time was variable between the two technologies and was up to three times higher using hot plates. Therefore, saturated steam pressing was chosen for curing the resin. Rigid and flexible Eucalyptus bark fiber panels with variable density ranging from 80-300 kg/m³ and 25-100kg/m³, respectively, were produced and characterized in terms of their thermal conductivity, thermal diffusivity, water absorption, water vapor permeability, resistance to mold attack and fire resistance in the horizontal direction. In all cases it was compared with a commercial product (glass wool). It was observed that the thermal conductivity is directly affected by the density of the material, being lower to lower density. Values between 0.054 - 0.068 W/m K for rigid panels and 0.040-0.047 W/m K for flexible panels were reached, which demonstrated the insulation characteristics of the materials. According to other publications, an insulating material is defined as that whose thermal conductivity is less than 0.07 W/m K. The thermal diffusivity of the material was inferior to the glass wool, revealing a greater thermal inertia against the changes of indoor and outdoor temperatures. The permeability to water vapor showed that the materials have greater vapor resistance than glass wool, but are still permeable, which favors the control of humidity inside the rooms, decreasing forced ventilation and heat losses. Regarding water absorption, mold resistance and fire resistance, the need to incorporate additives to protect the panel was identified. In the third stage the panels were coated with different coatings such as Kraft paper, OSB, plywood, thermal aluminum and gypsum, in order to give the panel improved properties both in thermal insulation, workability, applicability and water vapor permeability. The feasibility for producing prototypes of insulation panels with improved qualities was demonstrated. It was suitable for applications in walls, interior walls, floors and roofs. In addition, alternatives for market insertion of the prototypes were identified, which consist of panels of 1.2 x 1.2 m² with a variable thickness between 5 and 10 cm.

2.2 Cuadro De Sintesis de Resultados y Objetivos

Objetivos Generales	
Nombre Objetivo	OBJETIVO GENERAL
Descripción	Desarrollar un prototipo de panel en base a fibras de corteza de eucalipto, con buenas propiedades de aislación térmica, baja huella ecológica, precio competitivo y con prestaciones técnicas que respondan a las exigencias del sector de la construcción en Chile.

Objetivos Específicos	
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Este objetivo es de tipo científico y tecnológico, ya que estudia los principales tratamientos mecánicos disponibles en la industria forestal para los materiales lignocelulósicos (aspectos tecnológicos), evaluando la calidad del desfibrado y el efecto sobre las cualidades de las fibras; el cual incluye su caracterización morfológica, física y superficial (aspectos científicos).
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	El objetivo es de tipo científico y tecnológico, ya que permite identificar distintas formas de tratar las fibras a nivel superficial, con el fin de limitar las desventajas que presentan las fibras cuando se utilizan para la confección de paneles aislantes (alta capacidad de absorber agua, baja resistencia al ataque biológico y al fuego). Se considera la incorporación de agentes hidrófobos, retardantes de fuego, preservantes químicos y tratamientos térmicos. Además, es necesario implementar metodologías de evaluación de estas modificaciones.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Este objetivo es de carácter tecnológico y científico, ya que abarca tanto el estudio de las variables de operación de la fabricación de paneles aislantes como la caracterización de éstos a nivel de laboratorio. Entre éstas características son: el área superficial de las fibras, la humedad, la temperatura de prensado, la razón de encolado, el tipo de resina adhesiva y la distribución sobre las fibras. Se espera seleccionar un proceso y un set de paneles aislantes térmicos de características adecuadas para su aplicación en el rubro de construcción, de acuerdo a la normativa chilena vigente.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Este objetivo es de tipo tecnológico, ya que se busca validar la alternativa de procesamiento seleccionada durante el estudio a escala de laboratorio.
Nombre Objetivo	OBJETIVO ESPECIFICO
Descripción	Este objetivo es de transferencia, ya que permite entregar una evaluación preliminar a las empresas interesadas para convencerlas de participar como asociadas en la segunda parte del proyecto, la Investigación Tecnológica.

RESULTADO

Tipo	Resultado de Producción
Nombre	Panel aislante termico sustentable a partir de corteza de Eucalyptus sp.

Descripción	<p>Se confeccionarán paneles de aislación térmica a partir de fibras de corteza de Eucalyptus sp., a escala de laboratorio. Las fibras serán tratadas por procesos mecánicos, previos a la fabricación de los paneles. Se estudiarán las propiedades higroscópicas, ignífugas, acústicas y de resistencia al ataque de agentes biológicos y se evaluará mejorar alguna de estas propiedades aplicando revestimientos comerciales. Como resultado se obtendrá un(os) panel(es) en base a fibras de corteza de eucalipto aptos para ser incorporado(s) al mercado nacional.</p>
-------------	---

Descripción del Logro

En el marco del proyecto Fondef ID14i10081 se estudiaron distintas alternativas de fabricación de paneles aislantes a partir de fibras de corteza de Eucalyptus globulus. Para ello se evaluó cada etapa de la fabricación, enfatizando en las siguientes etapas críticas: producción de fibras a partir de corteza; encolado/mezclado de fibras; prensado del panel y curado de resina. Además, se determinó la capacidad de aislación térmica de los paneles producidos, la resistencia al ataque de mohos y la velocidad de avance horizontal de llama. Finalmente, se evaluó incorporar distintos revestimientos a los paneles rígidos, a fin de mejorar la manejabilidad del producto y ofrecer otros formatos de productos en base a éste. En cuanto a la producción de fibras a partir de corteza, se pudo constatar que la utilización de un molino de martillos, bajo condiciones de humedad variable entre 16-30% , permite obtener fibras de alta calidad para la fabricación de paneles aislantes. Estas fibras, a diferencia de otras alternativas observadas en el estado del arte, poseen una mayor razón de esbeltez y gran cantidad de ramificaciones o fibrilas superficiales, lo cual permite una mayor capacidad de enlace entre ellas y la generación de mayores espacios vacíos al interior del panel. El rendimiento de obtención de fibras en el molino de martillos fue cercano al 74% y muy superior a las demás alternativas estudiadas (fibras sin tratar, molino de cuchillos, triturador y refinador). Este resultado permite concebir un proceso de fabricación de tableros con menor costo energético, ya que a diferencia de sistemas convencionales, el proceso es completamente mecánico y no requiere de una impregnación con vapor a alta temperatura de la materia prima, como es el caso de un equipo refinador. Los costos energéticos del uso de molino de martillos son variables entre 14-83 kWh/ton; en comparación con un refinador, el cual requiere entre 60-180 kWh/ton fibras producidas y entre 300-500 kg vapor saturado (175 °C). El encolado de fibras más adecuado para obtener una distribución homogénea de resina es a través de una tómbola giratoria (blender), en la cual la resina se incorpora por inyección en el centro del sistema en movimiento. Se probó también un sistema cilíndrico con paletas, sin embargo, dada la baja humedad de equilibrio y la morfología de las fibras, el equipo presentó problemas operacionales. Se observó que uno de los requisitos principales del sistema de encolado es que las fibras puedan circular libremente al interior sin ser sometidas a compresión, como es el caso del uso de paletas. Adicionalmente, se evaluaron distintos contenidos de resina fenólica, en un rango de 5 a 15% base fibras secas. Bajo las condiciones de laboratorio estudiadas, la incorporación de 10% de resina fenólica permitió un encolado homogéneo y mejores propiedades de consolidación del panel. No obstante, este porcentaje puede ser disminuido mejorando aspectos técnicos del mezclado como por ejemplo, la velocidad de rotación de la tómbola y la calidad de la inyección, ya que a escala industrial el consumo sería excesivo. El prensado del panel utilizando vapor saturado a 190 °C es la mejor alternativa para el curado de resina, ya que a diferencia del prensado con placas calientes, se logra una mejor conformación del tablero, disminuyendo el tiempo de prensado desde 10 minutos (sistema con placas) a 3 minutos (sistema con vapor saturado). Se observó además, que la orientación de las fibras influye en la transferencia de calor al interior del panel durante el prensado, ya que los paneles que fueron confeccionados en una o dos direcciones mostraron una mayor resistencia al aumento de la temperatura al inicio de la etapa de calentamiento. Fue factible

producir paneles de corteza de Eucalyptus sp. con características aislantes térmicas, variando la densidad teórica entre 80 - 300 kg/m³. A menor densidad los paneles demostraron una mayor capacidad de aislación térmica, cuyo valor fluctúa entre 0,054 y 0,068 W/mK en sentido longitudinal. Esta tendencia se observó claramente en los paneles curados con vapor saturado. De igual modo, la conductividad térmica se ve afectado por la dirección de medición de las probetas, ya que en sentido transversal mostró valores superiores que en sentido longitudinal. Esto se debe a la anisotropía propia de un material compuesto. Todos los resultados obtenidos demuestran una buena capacidad aislante de los paneles, ya que la conductividad térmica se encuentra por debajo de 0,07 W/mK (Asdrubali et al., 2015). Los resultados de resistencia al paso de la llama, hinchamiento y resistencia al ataque de agentes biológicos, demostraron la necesidad de incorporar aditivos que puedan mejorar estas propiedades. Los paneles sin incorporación de aditivos ignífugos poseen una velocidad de combustión de 2,65 mm/min, en comparación con un nulo avance de llama cuando el material es tratado por inmersión con retardantes de fuego. Por su parte, se observó que a mayor densidad del panel, la capacidad de absorber agua es mayor, alcanzando valores hasta de 130% de aumento en el peso. Sin embargo, con la incorporación de agentes hidrófobos se logra reducir este valor. Con respecto al ataque de mohos, los paneles sin incorporación de antifúngicos fueron destruidos por la acción de estas colonias bajo condiciones ambientales de 25 °C temperatura y 95-98% humedad relativa. Al incorporar un producto biocida, el panel se vio protegido completamente. De forma similar, la incorporación de un ignífugo también ayudó a proteger el panel, aunque igualmente el moho crece en baja proporción en la superficie. Finalmente, es factible revestir los paneles con distintos materiales, tales como: OSB, contrachapado, papel Kraft, aluminio térmico y yeso, entre otros. Las resinas y adhesivos comerciales presentes en el mercado son adecuadas para este fin, aunque se observó en algunos casos, como el pegado del contrachapado, que la plancha tiende a curvarse debido a la humedad y/o la exposición al calor. Esto no ocurre cuando el panel es revestido con OSB. La aplicación de ambos revestimientos permite avizorar la utilización del panel aislante en sistemas constructivos prefabricados, conformando parte de un panel sándwich para fabricación de casas modulares. Por su parte, el revestimiento con papel Kraft logra disminuir considerablemente las pérdidas de fibras por manipulación, a la vez que es un material ecológico y respirable, por lo cual podría ser considerado como parte del formato final del producto aislante por sí solo, para ser utilizado como planchas aislantes al interior de paredes, muros o techos. La aplicación de papel aluminio térmico es beneficioso para mejorar las propiedades térmicas del panel, sin embargo, este revestimiento es poco permeable al paso de vapor de agua por lo que el panel se vuelve menos respirable. Otra alternativa es el revestimiento con yeso, lo cual es factible para la aplicación de paneles aislantes de mayor densidad en exterior. En este caso, el panel es colocado como parte de la envolvente externa y es protegido por yeso o pasta muro, de las condiciones ambientales externas. Se evaluó la resistencia al paso del vapor de agua de todos los materiales revestidos, aplicando la NCh2457 Of.2001. En orden de menor a mayor resistencia se obtuvo: yeso, papel Kraft, plancha de OSB, plancha de contrachapado y yeso. De forma paralela, en colaboración con el Dr. Andreas

Michanickl, Universidad de Rosenheim, se desarrollaron paneles de tipo flexible, cuya diferencia es la incorporación de fibras sintéticas bicomponentes en lugar de resina fenólica, como agente de anclaje de fibras. Esta forma de anclaje permite fabricar paneles de más baja densidad y cuya estructura es acolchada. Este tipo de panel puede ser confeccionado en la misma línea de producción del panel rígido, variando solo la tecnología de mezclado de fibras y la composición del panel. Se observó que la morfología de las fibras de Eucalyptus permite facilitar la formación de este tipo de panel, ya que se enlaza fácilmente entre sí misma y con las fibras sintéticas. Se confeccionaron paneles de densidad teórica entre 25 - 100 kg/m³, obteniendo resultados de conductividad térmica entre 0,040 - 0,047 W/m K. Además, tanto en los paneles rígidos como flexibles, se estudio la difusividad térmica. Se comparó con lana de vidrio comercial y se determinó que los paneles de corteza de eucalipto poseen una mayor inercia térmica, por lo que son capaces de amortiguar los extremos cambios de temperatura que ocurren entre el día y la noche, manteniendo el ambiente interno calefaccionado por más tiempo. Cabe destacar que ambos tipos de productos han resultado interesantes para la empresa Fulghum Fibers, principal interesada en los resultados alcanzados, siendo una alternativa a considerar para la segunda etapa del proyecto. Los resultados obtenidos permitieron obtener dos prototipos de panel aislante, rígido y flexible, en base a fibras de corteza de Eucalyptus globulus. Estos prototipos puede ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones, desde paneles desnudos de distinta densidad en pisos, exterior de muros y exterior de viviendas, incluyendo también paneles tipo sándwich para casas prefabricadas, hasta paneles flexibles de baja densidad para interior de muros y techos. Los prototipos posee una composición superior al 85% de fibras naturales de corteza de eucalipto, máximo 10% de resina fenólica o fibras sintéticas bicomponentes y menos de 4% de aditivos adicionales para proteger del ataque de agentes biológicos y otorgar resistencia al fuego. Sin embargo, a escala industrial el contenido de resina y los aditivos deben ser optimizados. La conductividad térmica alcanzada se encuentra en el rango de los considerados materiales aislantes y puede ser mejorada disminuyendo la densidad y alterando la orientación de las fibras. Se confeccionó la solicitud de patente de la tecnología desarrollada, se realizó un estudio de prefactibilidad y un estudio de mercado y diversas alternativas de comercialización del producto, ya que los resultados alcanzado son muy satisfactorios tanto para el grupo de investigación, como para las empresas interesadas; particularmente Fulghum Fibers, quienes demostraron su interés en la segunda etapa del proyecto y en la implementación posterior de la tecnología a escala industrial.

Referencia Bibliográfica	
--------------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Transferencia y Negocios
Nombre	Plan de negocio preliminar de la fabricacion de paneles sustentables
Descripción	<p>Se desarrollará el Plan de Negocio para la producción de paneles de aislamiento en base a fibras de corteza de Eucalyptus sp. Para ello, se confeccionará un informe que establecerá una potencial estrategia de transferencia de los resultados al sector productivo, los beneficios sociales y ambientales del desarrollo del negocio y los costos preliminares de la fabricación de los paneles. Esto permitirá visualizar la segunda etapa del proyecto, contando preliminarmente con una estrategia de introducción al mercado, a través de un dimensionamiento del mercado de corteza de Eucalyptus y de la competencia respecto al uso alternativo de esta biomasa. Los resultados obtenidos serán validados en el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) (www.especificar.cl) respecto de sus propiedades de aislamiento térmica, lo cual permitirá fortalecer el vínculo con las empresas asociadas y su participación en la segunda etapa de proyecto. Además, se determinarán las características de impacto medioambiental utilizando el sistema armoniza global (Globally Harmonized System GHS).</p>

Descripción del Logro	<p>Bajo el marco del proyecto Fondef ID14i10081, se realizó el desarrollo el plan de negocio de la tecnología, con el objetivo de definir una estrategia de inserción al mercado del producto panel aislante térmico en base a fibras de corteza de eucalipto . La tecnología consiste principalmente en establecer las condiciones adecuadas para el acondicionamiento de materia prima, molienda de corteza, clasificación de fibras, mezclado con agentes de anclaje, incorporación de aditivos, formación del panel, prensado o curado con vapor saturado, acondicionamiento del panel y, finalmente, dimensionamiento. Con esta tecnología se pueden fabricar paneles rígidos y flexibles, cuya densidad es variable entre 80 250 kg/m³ y 20 150 kg/m³, respectivamente. Además, el panel aislante se puede utilizar como parte de una solución constructiva de tipo panel sándwich para viviendas prefabricadas. Dependiendo de las necesidades del mercado, es posible fabricar los paneles en distintos formatos de tamaño y espesor. De forma convencional, para el sector de la construcción se pueden fabricar paneles de tamaño 1,22 x 2,44 m, cuyo espesor es variable entre 5 a 10 cm. Los beneficios sociales y ambientales identificados son principalmente: a) la utilización de una materia prima de bajo valor comercial y con altas cualidades técnicas para obtener fibras, ya que la corteza de Eucalyptus sp. dejará de ser considerada un residuos que se dispone en rellenos sanitarios; b) la generación de nuevas oportunidades de trabajo, ya que se desarrolla un nuevo negocio a nivel local; c) apertura a nuevos mercados en el territorio nacional, lo cual permitirá a su vez la inserción de un producto ecológico; d) disminución de riesgo de incendios, que se producen debido al almacenamiento de grandes cantidades de corteza, sin una utilización final definida; e) disminución de contaminación ambiental, ya que al insertar un producto de carácter renovable, se motiva el desarrollo de la construcción sustentable y ahorro energético. La estrategia de comercialización del producto se basa en el licenciamiento de la tecnología a una empresa interesada en realizar la acción de producir los paneles aislantes térmicos. De preferencia, la empresa productora debe corresponder a la misma empresa que provee la materia prima, corteza de Eucalyptus sp. El mercado objetivo se caracteriza por ser local, es decir, norte y sudamericano. Se estima que los costos de transporte hacia Europa impiden que el producto ingrese de forma competitiva a este mercado. No obstante, aún se está evaluando la posibilidad. Se deben generar alianzas estratégicas con empresas proveedoras de insumos, tales como agentes de anclaje (resinas adhesivas y fibras sintéticas bi-componentes) y aditivos ignífugos y antifúngicos. Para la inserción del producto al mercado local, es de suma importancia la colaboración con las empresas usuarias del producto. Entre ellas, se destacan empresas constructoras, de arquitectura, de diseño, productores de elementos constructivos para viviendas y empresas de retail. Para estas últimas se identifica un importante rol para influenciar al mercado hacia el uso del producto, dándolo a conocer a través de marketing y capacitaciones.</p>
-----------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Tesis de pregrado

Descripción	Se contempla el desarrollo de 2 tesis de pregrado enfocadas: 1) en la optimización del desfibrado mecánico en la planta Fulghum Fibras y 2) el desarrollo de un tipo de revestimiento para los paneles confeccionados. Cada tesis aporta a los objetivos específicos 1 y 2 del proyecto, respectivamente, y genera conocimiento tecnológico para la producción de un panel a mayor escala.
-------------	--

Descripción del Logro	Según lo informado al Comité Directivo durante la segunda presentación del Informe Científico-Técnico, este resultado no pudo ser logrado debido a la dificultad de encontrar alumnos tesistas interesados en los temas propuestos. Cuando pudimos encontrar a uno, éste no pudo continuar la investigación debido a problemas de salud. Se buscó un reemplazo, sin embargo, este último tesista abandonó el trabajo antes de concluirlo. En reemplazo del no logro de este resultado, el equipo de trabajo optó por ofrecer prácticas profesionales de corta duración (máximo 3 meses), con actividades específicas que aportaran al desarrollo del proyecto. Como información adicional se entrega lo siguiente: Luego de haber informado este resultado como no logrado, el proyecto apoyó la tesis de Magister titulada "Study for the production of Insulation Panels made from Eucalyptus Bark Fibras" de Johana Vega, cuyo tutor es el Dr. Andreas Michanickl. Esta tesis se encuentra entregada y en espera de defensa.
-----------------------	---

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Practica profesional tratamiento mecanico de corteza
Descripción	Practica profesional relacionada con el procesamiento mecánico de la corteza para la obtención de cantidades adecuadas y suficientes para la producción de tableros. En particular, se estudiará en profundidad la molienda de corteza y el tamizado a escala semi-piloto.

Descripción del Logro	La srta. Damari Troncoso, alumna del Liceo Técnico Profesional de la Madera, realizó una práctica profesional entre el 13-01-2016 y el 31-03-2016. La srta. Troncoso apoyo en la preparación de materias primas, particularmente corteza de Eucalyptus globulus, desde la búsqueda del material en la planta productiva, secado y limpieza hasta el procesamiento mecánico por molienda y tamizado. A través de este trabajo se comprobó que el tratamiento mecánico por molino de martillos es la mejor opción para el procesamiento de corteza y se obtuvieron cantidades adecuadas para la fabricación de tableros.
-----------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Practica profesional Estudio de disponibilidad de corteza de eucalipto
Descripción	Apoyo en el estudio de disponibilidad de corteza de eucalipto y estrategias de introducción al mercado del producto panel aislante de fibras de corteza. Esta practica se ofrece para responder a la acción solicitada por el comité Fondef.

Descripción del Logro	La srta. Carla Lobos, estudiante de Ingeniería Comercial en la Universidad de Concepción, realizó su práctica profesional entre el 09-05-2016 y el 08-07-2016. Su trabajo se centró en determinar la disponibilidad actual de corteza de eucaliptos globulus y nitens. Se realizó un estudio bibliográfico de las plantaciones de eucalipto y la generación de corteza en el bosque y en plantas de descortezado. También apoyo en la búsqueda de alternativas de introducción al mercado del producto panel aislante de corteza de eucalipto.
-----------------------	--

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Practica profesional puesta en marcha planta de MDF
Descripción	Se propone una práctica profesional en la puesta en marcha de la planta piloto de producción de fibras, para posteriormente utilizarla en la fabricación de corteza. En particular, evaluar condiciones de operación para el procesamiento de biomasa en general. El principal aporte a los objetivos del proyecto se refleja en la factibilidad de tratar la corteza de eucalipto por el método de refinación.

Descripción del Logro	La srta. Katherine Loyola, alumna de la Universidad Católica de Temuco, apoyo en la puesta en marcha de la planta de producción de fibras para tableros MDF. Esta planta será utilizada para obtener fibras de corteza de eucalipto mediante refinación mecánica con discos. Este trabajo se centró en definir condiciones de operación óptimas de la planta, estudiando particularmente la capacidad másica de ésta, flujos de vapor, temperatura y presión del sistema. El tiempo de trabajo fue desde el 04-01-16 al 29-01-16.
-----------------------	---

RESULTADO

Tipo	Resultado de Formación de Capacidades (Ex "Otros")
Nombre	Pasantía internacional
Descripción	Se propone la pasantía internacional de 3 meses para el tratamiento mecánico de fibras de eucalipto (molienda) a escala de laboratorio y confección de tableros de aislación por placa de contacto. Asimismo, evaluar en cada etapa del proceso las condiciones de operación necesarias para la confección de tableros rígidos de densidad entre 150 y 250 kg/m ³ .

Descripción del Logro	El sr. Jaka Pecnik, estudiante del "Department of Wood Science and Technology" de la Universidad Ljubljana, Slovenia, realizó una pasantía entre el 11-03-2015 y el 05-06-2015. El sr. Pecnik apoyo durante la primera fase del proyecto, en el estudio de las mejores condiciones de operación para el tratamiento de corteza con molino de martillos y molino de cuchillos. Se estudiaron variaciones en el contenido de humedad y cenizas en las fibras. Luego de ellos, el sr. Pecnik confección tableros, utilizando el sistema de prensado por placas calientes. Se estudio el efecto de la presión y temperatura sobre la calidad superficial y estabilidad dimensional de los paneles. Estos resultados permitieron una mejor comprensión de las condiciones del procesamiento en la calidad de los paneles aislantes.
-----------------------	--

RESULTADO DE PRODUCCIÓN

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Producto	1	1

RESULTADO DE TRANSFERENCIA Y NEGOCIOS

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Plan de negocio tecnológico	1	1

RESULTADO DE FORMACIÓN DE CAPACIDADES (EX "OTROS")

Categoría	Cantidad Comprometida	Cantidad Lograda
Capacidades profesionales desarrolladas o fortalecidas	5	4

2.3 Informe financiero a la fecha de término

	Montos Comprometidos según Convenio por fuente de financiamiento	Monto Girado por Fondef	Gastos financiados por fuente de financiamiento	%
FONDEF	149.776.000	149.776.000	80.806.836	73,72 %
FONDEF	149.776.000	149.776.000	80.806.836	36,86 %
Institución(es) Beneficiaria(s)				
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	40.000.000	No Aplica	28.800.000	26,28 %
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION	40.000.000	No Aplica	28.800.000	13,14 %
Empresas y otras Entidades Asociadas	0	No Aplica		0 %
Totales	189.776.000	149.776.000	109.606.836	50 %

Monto por Reintegrar		68.969.164		
Monto Reintegrado a FONDEF		(0)		
Costo Final del Proyecto		219.213.672		

2.4 Autoevaluación de la Ejecución del Proyecto

El(la) Representante Institucional de cada Institución Beneficiara
UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
El desarrollo del proyecto Fondef ID14i10081 representa un referente en el desarrollo de materiales aislantes sustentables en Chile, sentando las bases del conocimiento científico y tecnológico. Esto permite que la Universidad sea reconocida por el producto desarrollado, ya que previamente no se han reportado estudios de valorización de la corteza de eucalipto en la aplicación descrita. Fue posible captar el interés de las empresas asociadas y mantener su atención en los resultados obtenidos por el proyecto. Tanto las técnicas analíticas montadas como las relaciones de colaboración establecidas permitirán continuar el desarrollo de materiales aislantes con fibras naturales u otros subproductos, aportando al desarrollo de productos con gran aplicación en la sociedad, caracterizados por una base sustentable y ecológica.

El(la) Director(a) del proyecto
En la ejecución de este proyecto, participaron profesionales multidisciplinarios que abarcaron desde especialistas del área química, industrial hasta comercial. Contamos con una estrecha colaboración de las empresas interesadas, con quienes se mantuvo contacto periódico. Esto sin duda, enriqueció el desarrollo del proyecto, dando las diferentes perspectivas de análisis y proyecciones del mismo. Los plazos de ejecución fueron cumplidos en concordancia con los desarrollos llevados a cabo, sin requerir un aumento del plazo para la entrega del resultado principal. El equipo de trabajo fue idóneo para la ejecución, sin embargo, se observaron dificultades durante algunos periodos en los que hubo personal que cesó sus funciones para el proyecto, lo cual en mayor o menor medida retrasó algunas actividades. Sin embargo, esto no fue impedimento para el logro de los objetivos. Los principales desafíos científico-tecnológicos que debieron ser abordados fueron durante la primera etapa, ya que se probaron diversas condiciones y tecnologías de procesamiento de corteza de eucalipto. La corteza de eucalipto por si sola es una materia prima de difícil procesamiento, por lo que se trabajó arduamente para obtener condiciones aplicables industrialmente, con un bajo consumo energético. Se logró obtener prototipos de paneles aislantes con baja conductividad térmica, a la vez que se demostró el efecto de la densidad sobre la conductividad. Se probaron dos condiciones de prensado aplicables a escala industrial y dos tecnologías de prensado factibles también de utilizar a esta escala. Por tanto, se abarcaron importantes aspectos tanto del procesamiento como de la caracterización de los productos, los que nos entregaron una visión profunda del producto y nos permitió concluir con un estudio preliminar de prefactibilidad. Sin duda se superaron importantes brechas de la investigación, gracias a las cuales el equipo de trabajo pudo alcanzar un mayor conocimiento y experiencia. Pero, consideramos que aún hay aspectos por desarrollar para alcanzar la inserción de este producto al mercado. Este es el objetivo final de la segunda etapa del proyecto, para lo cual se debe abordar el escalamiento de la tecnología y su efecto sobre las características de los productos aplicados en condiciones reales.

2.5 Propuesta de Continuidad de la(s) Institucion(es) Beneficiaria(s)

1) Identificación de impactos de los resultados principales: El proyecto permitió desarrollar dos prototipos de paneles aislantes térmicos: panel rígido y panel flexible a partir de fibras de corteza de eucalipto. El impacto de la aplicación de estos productos al sector de construcción de viviendas es positivo para todos los actores que forman parte del desarrollo. La Universidad de Concepción se beneficia, en el reconocimiento de la tecnología de obtención de fibras y fabricación de paneles aislantes, sentando las bases para desarrollar un sinnúmero de productos similares, de baja huella ecológica. Adicionalmente, el perfeccionamiento de la tecnología permitirá avizorar el licenciamiento hacia empresas interesadas en la comercialización del producto en el mercado local (nacional y americano). Las empresas interesadas en este desarrollo se ven beneficiadas con el producto, en diversos ámbitos: la empresa Fulghum Fibras Chile, proveedora de la materia prima, tiene la posibilidad de valorizar la corteza de eucalipto, que actualmente es un subproducto, para el desarrollo de un producto comercializable. Las empresas Urbo Arquitectura y Módulos Wewfe, se ven beneficiadas con el producto ya que tienen la posibilidad de utilizar un material con baja huella de carbono, reciclable y excelentes propiedades de aislación térmica, difusividad térmica, capacidad de almacenamiento de energía y permeabilidad al vapor de agua. El sector de la construcción en general se beneficia del producto, al contar con un material con las características señaladas, con precio competitivo a la lana de vidrio y poliestireno expandido, y con ventajas ecológicas que otorgan un valor adicional a las viviendas, de acuerdo a estándares internacionales. Otros beneficios de la implementación de la tecnología son la creación de nuevos empleo y la reducción de la huella ecológica de las viviendas y edificaciones. Es por ello que resulta atractivo tanto para la Universidad, como para las empresas asociadas y el mercado receptor de la tecnología, la inserción de panel aislante térmico.

2) Acciones para materializar los impactos: El principal objetivo de la continuidad del proyecto es abarcar los aspectos más relevantes para la inserción del producto al mercado. Entre ellos, se identifican dos temas importantes: el escalamiento de la fabricación de paneles aislantes y una evaluación técnico-económica de primera fuente. La importancia de la etapa de escalamiento de la tecnología radica en la producción de paneles con dimensiones similares a las que tendría el producto en su formato final. Actualmente, con las capacidades presentes en UDT, es posible fabricar paneles de 30 x 30 cm², los cuales fueron adecuados para la caracterización de propiedades térmicas, permeabilidad al vapor, y resistencia biológica y al fuego. Sin embargo, es necesario evaluar dichas propiedades en condiciones reales de aplicación en algún sistema constructivo, para lo cual es necesario producir paneles en un formato mayor, por ejemplo, paneles de 1,2 x 0,5 m². Para asegurar un comportamiento térmico del aislante se requiere construir distintos sistemas (principalmente, muros y techumbres), determinar el valor U (transmitancia térmica) e identificar en qué zonas térmicas puede ser aplicado cada sistema, de acuerdo a la NCh1079. Por su parte, en cuanto a la transferencia de la tecnología, durante el proyecto se realizaron reuniones periódicas con las empresas interesadas a fin de mantener el contacto y obtener de ellos la información necesaria para el estudio de prefactibilidad. Dado los buenos resultados alcanzados, se confeccionó una solicitud de patente de la tecnología desarrollada, que es el paso inicial para iniciar el licenciamiento de la tecnología. En conjunto con la empresa Fulghum Fibras, se está confeccionando un informe de prefactibilidad técnico-económica y un estudio de mercado de paneles aislante a nivel nacional. La información contenida aún es preliminar, por lo que se deberá realizar una evaluación técnico-económica con información de primera fuente.

3) Acciones para la continuidad del proyecto: El equipo de trabajo ha continuado la investigación en la producción de paneles aislantes. En particular, se definió continuar la investigación enfocados solo en los paneles flexibles, dada la sugerencia del Comité Fondef de elegir un solo producto, y considerando que todas las empresas a las que hemos mostrado los productos, tanto constructoras como arquitectos, demuestran mayor interés en él. El panel flexible se asemeja en morfología a la lana de vidrio, producto que lidera el mercado nacional. Por tanto, la posibilidad de sustituirla por un material de origen natural, ecológico, que no produce irritación por manipulación y con similares propiedades térmicas es muy atractivo. El principal cuello de botella identificado es el mezclado de fibras bicomponentes (BICO) con fibras de corteza. Durante el proyecto se utilizó un sistema de cardado para realizar esta mezcla, utilizando fibras BICO de longitud entre 40 – 60 mm, que se emplean en la fabricación de paneles aislantes de lana de oveja. Para ello, se requirió contratar el servicio a una empresa externa. Sin embargo, los requerimientos de los paneles de corteza son distintos a

los de lana de oveja, por lo cual es necesario construir un sistema de mezclado adecuado a los requerimientos de fabricación de los paneles de corteza. El grupo de trabajo se encuentra diseñando y construyendo un sistema neumático para utilizar fibras BICO de longitud 6 – 12 mm, el cual estará operativo a finales de marzo. Además, se tomó contacto con el grupo de investigación de Bioforest para utilizar una prensa de 50 x 50 cm². Por tanto, se está trabajando en ensayos preliminares para el escalamiento de la producción de paneles. En paralelo, se está trabajando en la postulación de la segunda etapa del proyecto en la cual se abordarán todos los temas antes mencionados. Respecto a la relación con las empresas, se mantienen las reuniones periódicas con cada una de ellas, a fin de mantenerlas informadas sobre los avances de la investigación y solicitar colaboración para continuar el estudio. Finalmente, el equipo de trabajo plantea continuar investigando nuevas fuentes de producción de fibras para aislación térmica y acústica, ya que cuenta con las bases científicas y tecnológicas para diversos desarrollos. Para ello, se ha formado una sub-línea de investigación en el área de Productos Químicos de la Unidad de Desarrollo Tecnológico que abordará en los próximos 3 años temas relacionados a aislación térmica.