



XXI

**RAPAL
2016**

REUNIÓN DE ADMINISTRADORES DE PROGRAMAS
ANTÁRTICOS LATINOAMERICANOS
12 AL 14 DE JULIO, GUAYAQUIL - ECUADOR



Tipo de Documento: DT
Presentado por: Ecuador
Tipo de Sesión: Plenaria
Punto de Agenda: 10

Seguimiento y evaluación del proyecto ecuatoriano “Refugio Antártico Ecuatoriano”: Activación de la Red.

Seguimiento y evaluación del proyecto ecuatoriano “Refugio Antártico Ecuatoriano”: Activación de la Red.

Introducción

Entre los objetivos principales del proyecto “Refugio Antártico Ecuatoriano (RAE)”, se involucra la investigación, experimentación, desarrollo, innovación y fabricación de prototipos de ecomateriales aislantes térmicos (resistentes a bajas temperaturas como prioridad), sean estos en forma de paneles o tableros, vigas, cerchas, costillas, cubiertas o elementos estructurales. Estos prototipos serán considerados como materiales principales para la construcción del refugio que serán elaborados con materias primas de origen orgánico, incluyendo desechos agrícolas o agroindustriales, y el uso de adhesivos naturales de preferencia.

En función al avance investigativo desarrollado en la universidad (UCSG), se retomó una lista de inventarios sobre el estudio de fibras y/o residuos agrícolas o agroindustriales provenientes específicamente de la provincia de Los Ríos y Guayas (costa ecuatoriana), información perteneciente al proyecto “Evaluación de la eficacia de las fibras de residuos agrícolas o agroindustriales, para ser usadas como ecomateriales (EFRA)”. Además la investigación se inclinó también al estudio de materias primas procedentes de la sierra ecuatoriana, cuyo cultivo y propiedades físicas toleren un crecimiento en zonas de climas fríos, tal es el caso de cultivos desarrollados en la provincia de Chimborazo, cuyas temperaturas más bajas oscilan los 3°C, con un porcentaje humedad relativa entre 60-70%.

El estudio de pegantes, sean éstos de origen natural o sintético, abarca un reto adicional al proyecto, debido a que los prototipos de ecomateriales aislantes térmicos debían ser fabricados con una mínima cantidad de adhesivo en su totalidad, que debe provocar un bajo impacto ambiental en el lugar de implantación.

Resultados

1. Fibras naturales (materia)

1.1. Tipos

Podemos clasificar las materias estudiadas en el proyecto en tres grupos. La materia sobrante de procesos industriales, en la que no hay una finalidad o uso (infundada), la materia ocasional, que por el contrario no tiene un origen claro (arbitraria), y la materia inagotable, propia de un lugar, que no tiene ninguna de las dos características anteriores.

Materia ocasional (arbitraria).

Hay materia que aparece sólo esporádicamente, como la luffa en las vallas de los cultivos, la paja en el páramo, o el lechuguín en los esteros. Su aparición es arbitraria, ya que no podemos controlar con precisión cuándo, cuánto, o dónde aparecerá. Es materia “en ocasión”, que se puede obtener gratuitamente, pero sólo en determinadas condiciones, por lo que no se puede contar con ella para un uso continuado. Es económicamente viable en su obtención, pero ineficiente en su utilización en serie.

Materia sobrante (infundada).

Los desechos agroindustriales, por el contrario, provienen de una producción controlable, pero no tienen en su mayoría una aplicación directa (sin fundamento). Toda

materia que se deriva tangencialmente de un proceso, acumula una gran cantidad de energía. Ha sido manipulada, llevándola a un estado avanzado de transformación. La cascarilla de arroz, el raquis del banano, la cáscara del coco y la tusa del maíz son desechos de la agroindustria, residuos sólidos, que generalmente se desperdician o se utilizan para funciones poco productivas. Esos procesos agroindustriales producen una ingente cantidad de desechos que tienen acumulada toda esa energía que ha sido necesaria la obtención del alimento básico. Resultan por ello especialmente económicos, ya que no sólo ahorran dinero en su obtención, sino también en su procesado.

Materia inagotable (arbitraria e infundada).

La materia gratuita más natural y común es aquella que pertenece al lugar: la arena del desierto, o la nieve de la Antártida, son materias intactas, cuya energía es únicamente la propia. Son por ello materias gratuitas puras, que poseen todas las características posibles del término. Su carácter local, al margen del ahorro que suponen en transporte, aporta características extraordinarias para su adaptación al medio, por lo que además de no tener costo, resultan especialmente eficientes en su utilización local. Sin embargo, su paso a material requiere mayor aporte de energía que los materiales de desecho agroindustrial, ya que no ha sido alterada.

1.2. Cualidades

La clasificación de las fibras que se utilizaron para cada uno de los elementos que conforman la piel se sistematiza según una serie de cualidades fundamentales que decidirán la adecuación de cada fibra a los diferentes elementos del proyecto. La sistematización de estas cualidades pretende construir una suerte de matriz de entrada de datos que identifique los potenciales y carencias de cada materia. Éstas se subdividen en parámetros que los definen de forma precisa según cada caso. La complejidad de la elección reside en la cantidad de variables que deben valorarse según la posición de la materia en la sección de la envolvente del proyecto. Las cualidades de las materias gratuitas analizadas: económico, ecológico y eficiente.

Económico: accesibilidad

Este factor mide la disponibilidad de la materia y la facilidad para acceder a ella. Esta cualidad está directamente relacionada con el transporte: desechos como la cáscara de coco, el raquis de banano, la cascarilla de arroz, la tusa de maíz se encuentran a pocos kilómetros de las principales ciudades de Ecuador, mientras que en otros países es un producto de importación con un alto coste de transporte. Otras materias –como el abacá y la lana de borrego- solo se pueden obtener pagando los costos correspondientes –en algunos casos bastantes altos- y su obtención no es del todo sencilla, lo que en definitiva dificulta su accesibilidad. Por otro lado, encontramos materias –como la luffa, la paja de páramo y el lechuguín- que, aunque no son residuos de procesos agroindustriales, se encuentran en la naturaleza disponibles para recogerse de forma gratuita –en zonas abiertas a todo el público o en zonas privadas con acceso restringido-, aunque con cierto control que resta posibilidades de acceso. Lo económico en este sentido es facilidad de acceso a la materia: economía de uso.

Ecológico: procesado

El factor de procesado mide el esfuerzo y tiempo que conlleva el proceso de preparación de la materia hasta poder ser utilizada como material. Un dato preciso para medir este factor es el tiempo que se emplea desde la obtención de la materia hasta el momento en que puede ser usada como material de construcción. Aquí aparece el término energía

incorporada en el material que no es otra cosa que la energía consumida por todos los procesos asociados a la producción de dicha materia; desde la adquisición de los recursos naturales hasta la entrega del producto definitivo. Factores como el tiempo, la preparación de la materia, la limpieza, tratado o secado de la misma para obtener en algunos casos las fibras que se emplearán para la envoltura, son determinantes a la hora de seleccionar las materias más adecuadas para la producción de materiales. Estos tiempos y esfuerzos miden la optimización y sostenibilidad del proceso de obtención de la fibra que será empleada como material.

Eficiente: propiedades

Este factor mide la eficiencia de las propiedades físico-químicas y mecánicas de las materias según los ensayos y pruebas realizadas en el laboratorio para responder a diferentes condicionantes climáticos y constructivos. Las materias presentan mejores resultados en unos ensayos que en otros por lo que serán más aptas para funcionar como elementos constructivos en una posición específica del proyecto. Por ejemplo las capas exteriores deben ser impermeables y resistentes a posibles golpes de objetos externos; las capas interiores deben ser las de menor conductividad térmica (más aislantes térmicamente) y pueden estar constituidas por diferentes fibras que en conjunto tengan una curva de conductividad térmica óptima; las capas interiores deben ser ignífugas y tener cualidades acústicas y de confort adecuadas. Si unimos estas variables que dependen de los diferentes ensayos físico-químicos (conductividad, hinchamiento y absorción) y mecánicos (resistencia a compresión, flexión y cortante) y la posición del material en el proyecto se genera una matriz de evaluación compleja que puede determinar la composición de la envoltura del proyecto arquitectónico.

Dentro de la investigación de materias primas de origen natural, se estudiaron y analizaron alrededor de 23 fibras naturales, residuos o desechos agrícolas y/o agroindustriales; entre ellas constan: la fibra o estopa de coco, fibra de abacá, fibra de banano, fibra de lechuguín o jacinto de agua, cascarilla de arroz, totora y luffa entre otras. Valorando sus propiedades en función de las propiedades físicas (conductividad térmica, estructura o tejido celular, hinchamiento en espesor, absorción), mecánicas (resistencia a tensión, cohesión interna) y químicas (comportamiento al fuego), además del análisis que implica su procesamiento.

2. Prototipos de ecomateriales (material)

En la costa ecuatoriana existen múltiples fibras naturales, provenientes de cultivos tradicionales, acompañantes inequívocos de la arquitectura vernácula, que han resuelto históricamente los problemas específicos de la vivienda como la paja toquilla, las hojas de palma o el bijao. Estas técnicas tradicionales se han ido perdiendo y la industrialización de productos para la construcción ha ganado terreno, reemplazando las eficientes técnicas constructivas tradicionales, por técnicas constructivas con materiales que apuestan por la fabricación en serie y la estandarización. Sin embargo, este proyecto de investigación plantea la utilización de fibras naturales desechadas en procesos agroindustriales, para la obtención de nuevos productos para la construcción - ecomateriales- que resuelvan los mismos problemas que los materiales convencionales. La innovación de estos materiales no solo radica en su disponibilidad de forma gratuita, sino también en las destacadas cualidades físico-químicas y mecánicas, tanto de las propias fibras, como de los pegantes naturales empleados para su composición. Después de la realización de ensayos a las muestras de ecomateriales de medidas reducidas (50x50x5 cm) se comprueba que algunas de estas cualidades son comparables con las

de materiales artificiales convencionales de la industria de la construcción. Esta primera fase de experimentación se ha desarrollado en la Planta de Ecomateriales de la UCSG con el objetivo de hacer una primera preselección de materiales aptos para la construcción.

Los materiales que mejor aíslan térmicamente, ocupan posiciones externas en la estructura de la especie natural a la que pertenecen, como la fibra de coco y la cascarilla de arroz. La conductividad térmica de la cascarilla de arroz ($0,052 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), o de la fibra de coco ($0,055 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), es equiparable a la del poliestireno expandido ($0,045 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), aislante derivado del petróleo y del gas natural que se emplea comúnmente en la construcción; éste último tiene una alta huella ecológica y un elevado coste de producción. Además la cascarilla de arroz tiene una densidad aproximada de $1,60 \text{ gr/cm}^3$ compactada y $1,42 \text{ gr/cm}^3$ sin compactar también equiparable a la del poliestireno que es de $1,04 \text{ g/cm}^3$. El menor porcentaje de absorción de agua (medido a través del aumento volumétrico y de masa de las muestras tras sumergirlas 24 horas en agua), lo tienen la cáscara de abacá, (81,3%), la fibra de coco (103,1%), y la cascarilla de arroz (107,7%), que son las únicas tres fibras analizadas que trabajan como recubrimiento en su medio, y que presentan al menos la mitad de absorción que el resto de materias; esta cualidad es esencial para la capa de la piel que se encuentra en contacto directo con el exterior.

Lo mismo ocurre en relación a las características mecánicas, en donde, las materias con mejor comportamiento a flexión, tracción y compresión, forman parte de los tallos de la planta, como el raquis de banano, la tusa de maíz, o el propio abacá, que tienen propiedades capaces de competir con materiales como el acero. Por otro lado, la tusa de maíz tratada con ácido bórico -tratamiento que se aplica a todas las fibras como insecticida que también es retardante de la llama- tiene un comportamiento destacado en el ensayo de rugosidad que ofrece un potencial uso como acabado interior en paredes y en pavimentos. Además de las notables cualidades de las materias empleadas, los pegantes naturales implementados en la composición de los ecomateriales, como la cera de abeja y el muyuyo, presentan un excelente comportamiento a bajas temperaturas en el ensayo de resistencia a las heladas.

Los adhesivos utilizados hasta el momento corresponden a resinas sintéticas base urea formaldehído, debido a que su comportamiento y resistencia mecánica (esfuerzo al corte en la línea de pegado) han superado las expectativas en comparación con el uso de un adhesivo de origen natural, ensayado a condiciones normales y severas. Sin embargo su cantidad o rango de aplicación es limitada y se encuentra dentro de los parámetros establecidos por Normas internacionales en el uso de adhesivo sintético base formaldehído para la fabricación de paneles o tableros.

Cabe recalcar que de acuerdo al “Protocolo al tratado antártico sobre protección del medio ambiente” se prohíbe el uso y la introducción en tierra, y en las plataformas de hielo, ni en el agua, de difenilos policlorurados (PCB), tierra no estéril, gránulos o virutas de poliestireno u otras formas similares de embalaje, o pesticidas (aparte de aquellos que sean necesarios para fines científicos, médicos o higiénicos). Al igual que se lleva un riguroso control del material que ingresa al continente antártico, así como también se siguen normas para la eliminación de residuos o material considerado como desecho.

Durante el desarrollo de la presente investigación se han analizado distintas variables en cuanto al uso de materias primas y adhesivos a utilizar para la fabricación de elementos estructurales que conforman el prototipo de refugio. No puede dejar de lado el uso del bambú, específicamente el género y especie *Guadua angustifolia* Kunth, a través de la incorporación de tableros o paneles base, productos desarrollados por la Unidad Académica y de Investigación Ecomateriales perteneciente a la UCSG. Los tableros o paneles de bambú “PlasBam” son productos con propiedades físico-mecánicas destacables, entre las que podemos mencionar: resistencia a flexión, 61.24 - 189.32 Mpa, y resistencia a compresión, 43.78 - 83.68 Mpa y densidades entre 0.8 - 1,3 gr/cm³. El sistema estructural a base de paneles prefabricados de bambú pretende eliminar estructuras adicionales metálicas y generar una nueva propuesta de construcción en la que se ponen en valor las cualidades de estos materiales.

3. Experimentos en condiciones extremas

El proyecto propone el aprovechamiento in situ de dos laboratorios naturales – Chimborazo y Antártida-, dos lugares dotados de los medios necesarios para la experimentación, investigación y puesta en práctica de los fenómenos naturales, capaces de generar ensayos reales y obtención de datos determinantes, bajo condiciones climáticas extremas, que permiten evaluar las capacidades de dichas fibras como potenciales paneles ecomateriales para la construcción de la arquitectura contemporánea.

Estos laboratorios naturales permitirán testar al límite las posibilidades de las fibras naturales y verificar su pertinencia y resiliencia como piel en la arquitectura: la materia vuelve a su origen convertida en material. La piel que protegerá ambos refugios - primero un prototipo de menor tamaño situado en el Chimborazo, y posteriormente otro de mayor tamaño situado en la Antártida- deberá responder de forma adecuada a los diferentes condicionantes extremos a los que será sometido. Las fibras naturales, ante estos climas extremos, deben emplearse aprovechando al máximo sus cualidades, exprimir al límite sus potencialidades. Superadas estas condiciones extremas, estaríamos frente a materiales de construcción con capacidad para utilizarse en cualquier clima del planeta.

Chimborazo

El volcán Chimborazo, situado en los Andes centrales, es considerado el punto geográfico más alejado del centro de la Tierra y a la vez el punto más próximo al Sol, con una altitud de 6.263,47 m sobre el nivel del mar, constituye el primer escenario-laboratorio natural. El refugio se construirá a 5.100 msnm, con un bajo porcentaje de oxígeno en el aire, temperaturas por debajo de 10°C bajo cero, vientos huracanados, y 60% de humedad.

Estas severas condiciones han propiciado la aparición de un material local, la paja de páramo, cuyas cualidades hacen viable la construcción del refugio. Casi todas las construcciones vernáculas de la zona, ubicada en el páramo –ecosistema montano intertropical- utilizan este material, por su capacidad aislante e impermeabilizante, y por su reducido peso. La paja resulta ser una materia muy liviana (164 kg/m³), que cuenta con el mejor comportamiento térmico de las materias investigadas (0,045 W/mK), lo que posibilita el traslado y montaje de paneles de un menor espesor. Se trata de un material gratuito y ocasional, que no permite una producción en serie, pero que resulta

imprescindible como complemento de otros materiales. Un espesor de 15cm de paja de páramo complementa así los 8 cm cascarilla de arroz de la piel del refugio.

Antártida

La Antártida, o continente antártico, considerado el sexto continente, alberga el 80% del agua dulce del planeta, y constituye el segundo escenario-laboratorio natural. El refugio se localizará en la isla Dee, frente a la isla de Greenwich, donde se encuentra la estación ecuatorial "Pedro Vicente Maldonado". En este caso, la construcción se sitúa a nivel del mar, en un clima desértico con un 0-5% de humedad, temperatura media en invierno cercana a los -40°C , y vientos que superan los 300 km/h. El viento y las bajas temperaturas aparecen durante la estación fría, lo cual coincide con el aumento de las nevadas que engrosan temporalmente la kilométrica capa de hielo que cubre gran parte del continente. Los desechos agroindustriales investigados tendrían que aumentar su espesor durante estos meses, para aislar convenientemente el refugio.

La nieve se presenta así como material de uso local, gratuito, e inagotable, capaz de complementar la capa de aislamiento del refugio, permitiendo un grosor menor de su piel, que puede ser dimensionada sólo para la época de verano. La nieve se proyecta en todas direcciones, de manera semejante a como se lanza la tierra en la construcción de muros de bareque o de adobe, por lo que la aplicación del material es directa, gracias a su capacidad aglutinante que le permite acoplarse a otras superficies. La materia gratuita es aquí infundada y arbitraria, pero también sustancial; sustancia cambiante que modifica la geometría del refugio para protegerla del viento, y que lo engrosa para protegerlo ocasionalmente de las bajas temperaturas. La piel se vuelve así adaptable gracias a la aleación con la materia local, cuya conductividad térmica cuando está compactada, ($0,23 \text{ W/m}\cdot\text{K}$), puede reducirse a la mitad si se mantiene sin compactar.

Conclusiones

En función a lo antes mencionado, se establecen algunas conclusiones parciales en esta fase en la que se encuentra el proyecto de desarrollo que apuntan a la proyección de los resultados finales esperados. El proyecto se encuentra en la etapa de desarrollo y fabricación de los prototipos de ecomateriales al igual que un primer prototipo prueba; presentando propuestas de una variada gama de productos o elementos constructivos, que van desde tableros compuestos, aislantes térmicos, vigas, costillas, cubiertas, etc., cuyo funcionamiento a esfuerzos mecánicos y aislamiento térmicos han sido estudiados, y serán valorados en condiciones ambientales extremas reales.

Los resultados del laboratorio revelan que cada material de desecho investigado funciona mejor en la posición en la que estaba trabajando cuando formaba parte del alimento. Así, los materiales que mejor funcionan como recubrimiento (residuo de abacá, cascarilla de arroz, y fibra de coco) son aquellos que eran parte de la piel exterior del fruto, ya que tienen mejor comportamiento impermeabilizante. Los que mejores propiedades mecánicas presentan, son a su vez los que funcionaban estructuralmente en el interior del fruto o del racimo (tusa de maíz, raquis de banano). Toda materia tiene por ello cualidades inherentes, que la hacen especialmente adecuada para una función específica. La materia que conforma la piel acumula aquí información sobre su propia naturaleza, y sobre la manipulación que ha sufrido.

Los laboratorios naturales nos deben mostrar la hipótesis de que cada materia funciona mejor en su lugar de origen. Las propiedades de las materias locales, como la paja de páramo y la nieve, están hechas para responder a las necesidades de ese lugar concreto. De hecho, incluso un mismo material como la nieve, se comporta de forma diferente en el Chimborazo y en la Antártida, debido a la diferencia de altitud, temperatura, velocidad del viento y humedad. En la Antártida, la nieve es capaz de convertirse en varios tipos de hielo seco, capaces de permanecer en estado sólido por encima de 0°C, lo que ayuda a aislar permanentemente el refugio.

Activación de la red

Por todo lo desarrollado anteriormente, planteamos que el Ecuador, representado por el INAE y específicamente por el proyecto de investigación “Refugio Antártico Ecuatoriano” de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, necesita involucrarse dentro de una Red de Investigación en Ecomateriales que ponga en valor la introducción de estos materiales sostenibles para el medio ambiente en el territorio antártico. La red pretende la vinculación entre la academia y los institutos antárticos de diferentes países para que se produzca un aporte de investigaciones en ecomateriales. La activación de esta red tiene como objetivo que diferentes países trabajen de forma conjunta en la investigación y desarrollo de prototipos de ecomateriales que pueden llegar a ser más ecológicos, económicos y eficientes que los materiales convencionales de la industria de la construcción, además de menos contaminantes.

En este sentido, sería pertinente la realización de una sesión de trabajo en la RAPAL del presente año 2016 para fortalecer el proyecto de red en busca de mecanismos que facilitan la activación de la misma. Un avance esperado para esta sesión de trabajo sería la creación de un instructivo o reglamento que establezca lineamientos o direccionamientos para el desarrollo de la red. En este sentido sería pertinente que los equipos de los diferentes países hagan sugerencias técnicas y aportes al proyecto de red y específicamente al proyecto de investigación que está implementando estos ecomateriales actualmente por parte del convenio entre la UCSG y el INAE.

A modo de esquema podrían discutirse los siguientes puntos:

- Plataforma para la red (web, redes sociales, formato).
- Formalizar administradores o representantes de la información por instituto de cada país.
- Establecer vínculos entre universidades e institutos antárticos.
- Presentar proyectos de investigación en ecomateriales.
- Banco de datos para la discusión de resultados.

Arq. Juan Carlos Bamba	Arq. Ignacio de Teresa	Ing. Cristy Lozada
Investigador Proyecto RAE	Investigador Proyecto RAE	Investigador Proyecto RAE