

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

DIRECCIÓN DE PROYECTOS

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INTEGRACIÓN BOSQUE INDUSTRIA

INFORME FINAL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

INVESTIGADORES:

Ing. Cynthia Salas G . M.Sc.

Ing. Roger Moya R. Ph.D.

Ing. Freddy Muñoz A M.Sc

DICIEMBRE, 2007.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DIRECCIÓN DE PROYECTOS**

INFORME FINAL DE PROYECTO

1. DATOS GENERALES

1. Nombre del Proyecto: “**Secadora solar**”
2. Departamento académico o Centro responsable: Escuela Ingeniería Forestal / CIIBI
3. Otros departamentos participantes: Ninguno
4. Investigador(a) responsable: Ing.. Roger Moya. Ph.D.
5. Investigadores participantes:

Nombre del(la) investigador(a) y grado académico	Jornada en el proyecto (hrs/sem)	Período	Nº de meses en el proyecto	Tipo de plaza*
Ing. Róger Mora Roque**	2	II Semestre 2007	6	DOC
Ing. Cynthia Salas Garita	10	II Semestre 2007	6	DOC
Ing. Freddy Muñoz Acosta	2	II Semestre 2007	6	DOC

**coordinador de Proyecto

6. Fecha de inicio formal de la actividad: **1 de julio del 2007**
7. Fecha de finalización formal de la actividad: **31 Diciembre 2007**
8. Sesión y fecha de aprobación de Escuela: **Sesión Ordinaria Nº 6 del 18 de junio de 2007 Artículo 5.**

Indice General

	pág
2. Resumen del Proyecto	4
2.1. Summary	5
3. Fundamentos del Proyecto o antecedentes	6
3.1. Objetivo General:.....	6
3.2. Objetivos específicos	6
4. Breve descripción de la metodología.....	6
5. Plan de acción.....	8
6. Principales resultados obtenidos.....	9
7. Conclusiones y Principales acciones tomadas	10
8. Gestión del proyecto e Inconvenientes.....	11
9. Aporte de infraestructura: docencia del centro o la escuela.....	11
10. Divulgación de resultados	12
10.1. Divulgación interna.....	12
10.2. Divulgación externa nacional.....	12
10.3. Congresos internacionales	12
10.4. Obras didácticas	12
11. Agradecimientos.....	13
ANEXOS	14
Anexo 1.	15
Anexo 2.	29
Anexo 3.	31
Anexo 4.	33

2. Resumen del Proyecto

El proyecto Secadora Solar se planteó como una actividad de fortalecimiento de la Escuela de Ingeniería Forestal (EIFO). La intención de esta actividad se concretó en la construcción de la secadora y en la realización de una prueba de secado para efectuar los ajustes pertinentes al modelo con el fin de garantizar la eficiencia en el secado utilizando este tipo de tecnología. Los costos de la construcción fue asumida en su totalidad por la EIFO a través de los fondos generados por la venta de servicios, específicamente por proyecto productivo secado de madera.

El aspecto novedoso de esta construcción está en que el consumo energético de la misma es muy bajo, ya en las secadoras solares son sistemas de utilización de tecnología limpia, pues el motor de trabajo en el secado tiene su base en la utilización del calor generado por lo rayos solares.

Las actividades de esta actividad de fortalecimiento consistieron en la construcción de la secadora, obtención de la información de costos de construcción, ejecución de una prueba de secado en donde fue controlada las condiciones de ambientales y el secado de la madera. Para ello se utilizó madera de 2,54 cm de espesor de teca (*Tectona grandis*), que es una especie comúnmente utilizada en la reforestación comercial de Costa Rica.

Se cumplieron todos los objetivos planteados para esta actividad y adicionalmente preparó material divulgativo sobre las secadoras solares, material que se encuentra en este momento en prensa. Se redactó un folleto con información detallada de la construcción de secadoras solares donde se presentan los costos de inversión y los costos de secados por metro cúbico de madera, el folleto se encuentra en revisión.

Después de las prueba de secado realizado hasta el momento, se ve la necesidad de formular nuevos proyectos de investigación en donde permita analizar más en detalle la eficiencia de la secadora, dar control y seguimiento mínimo automático de las condiciones ambientales internas de la secadora y externas. Así también se ve la necesidad de involucrar en este posible proyecto otras del ITCR como Electrónica y Electromecánica. Desde luego es menester mencionar que es necesario de transferir este tipo de tecnología al sector productivo nacional para su implementación en las cadenas de producción.

Palabras claves: construcción, secadora solar, secado, costos, teca, *Tectona grandis*.

2.1. Summary

The project “Solar Dryer” was raised as a strength activity in the School of Forestry Engineering (EIFO). The activity results are the solar kiln and the test of drying wood, all of them will permit to make appropriate adjustments to the model to ensure efficiency in the solar dryer model. The cost of construction was assumed in full by the EIFO through funds generated by the sale of services, specifically using the count “drying wood production”.

The innovative aspect of this construction is the energy consumption because it is very low, the solar dryers are systems that use clean technology, the driving force working in the dryer is based on the use of the heat, generated by the sun's rays.

The activities of this strength activity consisted in the construction of the solar kiln for drying wood, obtain information from construction costs, and the test of dry, where the solar dryer controlled environmental conditions and make possible the drying of the wood. For the test was used wood of teak (*Tectona grandis*) 2,54 cm of thickness, this specie is widely used in commercial reforestation in Costa Rica.

This strength activity met all the goals set; in addition, it was prepared an informative brochure about solar dryers aspects and a technical inform document that is at this moment, in press. It included detailed information related to investment costs, design, and the cost per meter cubic of drying wood.

After the drying test, it was identified the needed to develop new research projects for analyze more detail about the efficiency of the dryer, install an automatic control and monitoring the environmental conditions from the internal and external kiln. So it was visualized the need to engage in this project other possible project researcher from others schools as Electronics and Electromechanical. In fact, it should be mentioned that there is need to transfer this technology to the national productive sector for its implementation in productivity chains.

Keywords: construction, solar dryer, solar kiln, costs, teak, *Tectona grandis*

3. Fundamentos del Proyecto o antecedentes

3.1. Objetivo General:

Construir una cámara de secado de madera utilizando energías limpias, en este caso la solar, con la finalidad de plantear nuevos proyectos de investigación, divulgar la tecnología a nivel nacional y fortalecer la venta de servicios que el Centro de Investigación en Integración Bosque Industria ofrece a la comunidad.

3.2. Objetivos específicos

1. Construir la secadora de madera solar siguiendo los planos diseñados para tal efecto por el Ing. Rafael Córdoba Foglia.
2. Establecer los costos de la construcción con la intención de generar información sobre implementación de proyectos similares a nivel nacional y además generar valores en la cadena de costos de producción.
3. Realizar al menos un secado de una carga, con la intencionalidad de evaluar el desempeño de la secadora

4. Breve descripción de la metodología

Para la construcción de la secadora propuesta en el diseño de Rafael Cordoba se siguieron las etapas:

- Primera: escogencia del lugar donde se construyó bajo los siguientes criterios, (i) sitio bien ventilado, (ii) adecuada circulación de aire, (iii) expuesto a la radiación solar y (iv) con acceso adecuado (la primera semana de julio)
- Segundo: solicitud de permiso a la oficina de Ingeniería del TEC (*Tercera y Cuarta semana de julio, 2007*)
- Tercero: obtención de cotizaciones y contratación de mano de obra, formalización del contrato y cotización de los materiales (*agosto, 2007*)

- Cuarto: construcción del cimiento, construcción de armazón e instalación de paredes, colocación de forros e instalación de techo y acabados: instalación de puertas, y ventilas (*setiembre, 2007*)
- Quinto: acabados de la secadora, tales como Instalación de colector solar y abanicos y Instalación eléctrica (*Octubre 2007*)
- Sexto: Prueba de secado *que registró el comportamiento de la secadora para mejorar el diseño. La prueba se secado se espera termine en el mes de enero 2008.*

5. Plan de acción

Objetivos específicos	Cumplimiento	Producto	Observaciones
1. Construir la secadora de madera solar siguiendo los planos diseñados para tal efecto por el Ing. Rafael Córdoba Foglia	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Secadora solar construida 	La instalación se ubica en el complejo de edificios ubicado en el sector Sur del Campus
2. Establecer los costos de la construcción con la intención de generar información sobre implementación de proyectos similares a nivel nacional y además generar valores en la cadena de costos de producción	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Archivo digital e información impresa con el detalle de los costos incurridos para la construcción • Análisis de costos de construcción que incluye el costo de oportunidad para los casos en que se requiera y los costos de capital • Análisis de costos de operación (preliminar) 	Estos 3 productos se utilizaron en la redacción de un folleto que se publicará debidamente evaluado por un comité editorial y con una inscripción ISBN (Anexo 1) y un plegable de divulgación (Anexo 2)
3. Realizar al menos un secado de una carga, con la intencionalidad de evaluar el desempeño de la secadora	100%	<ul style="list-style-type: none"> • Carga de madera seca 	El estado del tiempo para realizar la prueba no fue el óptimo debido a que el momento coincidió con el período de estación lluviosa y por consiguiente de menor radiación solar, esto produjo que el secado de la madera demorara más de lo previsto. Sin embargo, esta condición permitió observar que deben hacerse ajustes a la secadora, con le fin de mejorar la eficiencia de la cámara. La carga de madera seca se tuvo lista en enero del 2008

6. Principales resultados obtenidos

- La cámara de secado solar
- La información y análisis de costos de construcción que incluye según corresponda costos de capital y costo de oportunidad.
- La información y análisis de costos de operación para posible venta de servicios.
- El folleto denominado “Diseño y construcción de un secador solar para madera” en proceso de revisión para ISBN (Anexo 1)
- El desplegable “Guía Práctica No 3. Secadoras Solares de Madera” (Anexo 2)

7. Conclusiones y Principales acciones tomadas

1. El costo de construir este modelo de secadora solar fue de US\$ 7223,3, mientras que el costo de tener un horno convencional puede ser superior a los US\$ 50000, resulta entonces evidente que construir una secadora solar ofrece la ventaja de tener una inversión inicial relativamente baja comparada con la inversión del horno convencional que lo supera en 85,5%.
2. El retorno de la inversión con la construcción de una secadora solar cuando se requiere de un préstamo es de 36 meses, lo que lo convierte en una buena opción para los pequeños y medianos productores.
3. La prueba preliminar realizada en la secadora solar indica que luego de 78 días la madera alcanzó un contenido de humedad de 8,71%, habiendo iniciado su secado con un contenido de humedad de 99,37%. Realizar la prueba de secado durante la época permitió determinar que es necesario efectuar algunos ajustes en la infraestructura de la secadora para mejorar la eficiencia en el secado.
4. Una vez que se haga ajustes relacionados con una mejora en la eficiencia en el secado la cámara queda lista para apoyar la venta de servicios del CIIBI.
5. Los ejecutores del proyecto, después de analizar en detalle el tipo de diseño de construcción, así como el interés de llevar este tipo de tecnología a la industria forestal nacional, tomó la decisión de no provocar acciones tendientes a registrar derechos sobre la propiedad intelectual del diseño. La razón de esto es que el diseño no es una novedad en cuanto al uso de material, combinación de ellos, ni dimensiones.
6. Los investigadores consideran que para la Escuela de Ingeniería Forestal y para el Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, es más importante que el uso de esta tecnología de bajo uso de energía tradicional y alto dependencia de tecnología limpia, se empiece a utilizar a nivel de industria forestal cuanto antes, por lo que ya inició esfuerzos para concretar proyectos en industrias forestales regionales a través de la presentación de un proyecto de ante el CSUCA quien coordina el programa “Proyectos de relación Universidad-Empresa para el desarrollo sostenible” .

7. Es importante trabajar de aquí en adelante con proyectos de investigación que permitan analizar el comportamiento del secado en cámaras solares, de diferentes especies y diferentes espesores de madera.
8. Las conclusiones de tipo técnico se han resumido en el folleto “Diseño y Construcción de un secador solar para madera”

8. Gestión del proyecto e Inconvenientes

Sobre la ejecución misma del proyecto se tiene que decir que la construcción en sí se realizó con normalidad y en los plazos establecidos. No hubo problemas con el presupuesto asignado y más bien se logró un ahorro significativo en la adquisición de los materiales de construcción y la mano de obra. Ello permitió la compra de un equipo de control para el registro de las condiciones ambientales internas a la cámara de secado.

Sobre inconvenientes presentados el único por mencionar es que la prueba de secado tardó más de lo esperado debido a que por las características propias de este tipo de tecnología, se depende por completo de la disponibilidad de radiación solar para producir el calor interno. En este caso la prueba de secado tardó más tiempo del previsto porque la prueba se realizó en el momento en que la estación lluviosa para esta zona estaba en su punto máximo de precipitación. Aunque este hecho fue negativo desde el punto de vista del tiempo de secado, fue muy provechoso para analizar y ajustar aspectos de eficiencia en la secadora.

En este análisis del primer proceso de secado, se han establecidos algunos aspectos importantes de mejorar, tales como la inclinación del piso interno de la secadora y la circulación del aire interno. Por lo que se espera que durante el próximo año se pueda mejorar estos aspectos para elevar la eficiencia del secado en la cámara.

9. Aporte de infraestructura: docencia del centro o la escuela

1. Secadora solar construida en un área de 50 m² de superficie y 40 m² de infraestructura y con los posibles ajustes, estará disponible para venta de servicios.

2. Equipo de control testo 435-2 para el registro de condiciones climáticas internas y externas para evaluar la cámara de secado solar y su medio exterior.

10. Divulgación de resultados

10.1. Divulgación interna

1. Publicación en InformaTEC: **Secado de madera, de la mano con la conservación ambiental**. Noviembre, 2007, N° 268, p. 4 (Anexo 3)

10.2. Divulgación externa nacional

1. Noticia sobre el proyecto en el noticiero meridiano RADIO COLUMBIA (13 noviembre del 2007).

10.3. Congresos internacionales

1. Se presentó resumen de ponencia en Venezuela: Salas, C y Moya, R. **“Diseño y construcción de un secador solar para madera a pequeña escala para especies de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica”** IV Congreso Forestal Latinoamericano. Mérida Venezuela (Anexo 4).

10.4. Obras didácticas

1. Salas, C; Moya, Córdoba, R. 2007. **“Diseño y Construcción de un secador solar para madera”**. Folleto. (Anexo 1)
2. Salas, C y Moya R. **“Guía Práctica No 3. Secadoras Solares de Madera”** Desplegable informativo (Anexo 2)

11. Agradecimientos

Los investigadores de este proyecto dan las gracias a las siguientes personas, organizaciones y empresas:

Ing. Rafael Cordoba, por sus aportes y comentarios acertados sobre el tema de secado de madera.

A los funcionarios del Centro de Investigación en Integración Bosque Industria (CIIBI), que apoyaron en diferentes momentos la ejecución de la prueba de secado y que apoyaron en la compra de los materiales de construcción.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto.

A las empresas ECODIRECTA, por facilitar la carga de madera teca para la prueba de secado utilizada en esta actividad de fortalecimiento.

ANEXOS

Anexo 1. Folleto denominado “Diseño y Construcción de un secador solar para madera” a someter a comité de editorial para su publicación debidamente inscrito en ISBN.

TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FORESTALES
INFORME TÉCNICO Nº 1

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR PARA MADERA



TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS FORESTALES
INFORME TÉCNICO Nº 1

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR SOLAR PARA MADERA

**Cynthia Salas Garita
Róger Moya Roque
Rafael Córdoba Foglia**

**Escuela de Ingeniería Forestal
Centro de Investigación en Integración Bosque
Industria**

Índice

Presentación	4
Resumen	5
1. Introducción.....	6
2. El diseño de una secadora solar	7
2.1. Las secadoras solares	7
2.2. Posición de la secadora	8
2.3. Tamaño y capacidad del secador solar.....	9
2.4. Aislamiento del calor.....	9
2.5. Componentes básicos de la secadora	11
2.6. Materiales de construcción.....	13
2.6.1. Cimientos	13
2.6.2. Paredes, puertas y ventanas.....	13
2.6.3. Techo	14
2.6.4. Colector	14
2.6.5. Ventiladores (Abanicos).....	14
3. Modelo de producción.....	14
4. Prototipo de secadora solar.....	16
5. Costos	25
6. Conclusiones y recomendaciones	27
7. Bibliografía de referencia	28

Presentación

Resumen

En este informe técnico se presentan los aspectos más importantes que deben ser considerados en la construcción de un secador solar para madera aserrada.

Se detallan aspectos de diseño de cimientos, paredes, puertas, techo, colector, equipamiento y una recomendación de los materiales por utilizar.

Se incluye un prototipo de secadora solar, que ha sido construido por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago. Como parte del paquete tecnológico se han incluido planos y vistas de la construcción así como el detalle de los costos de construcción que para este modelo es de US\$ 7223,3.

Como complemento importante se incluye un análisis comparativo de costos por metro cúbico utilizando un secador solar y un horno convencional. Se determinó que el retorno de la inversión podría lograrse en 36 meses si se requiere de un préstamo y de 32 meses si se cuenta con el dinero; también se determinó que sin considerar el costo de capital inicial, el costo de secado por metro cúbico con una secadora solar es un 85% más económico respecto al secado de la madera utilizando un horno convencional.

1. Introducción

Resulta muy conveniente para la industria nacional aumentar el valor agregado de la madera, especialmente mediante la elaboración de productos terminados. Sin embargo, uno de los principales problemas para ese propósito es el secado de este material, de manera que sea posible fabricar productos de calidad en función de un contenido de humedad óptimo.

El secado que tradicionalmente se lleva a cabo en Costa Rica es el realizado al aire libre; este tipo de secado tiene la gran desventaja de que logra bajar los contenidos de humedad entre el 18 y el 24%, dependiendo de la región geográfica en donde se realice el proceso de secado, contenidos que no son los óptimos para trabajar productos acabados pues por lo general existen problemas con movimientos en la madera (contracciones), aplicación de adhesivos y acabados, lijado, entre otros. La otra opción que existe es la de utilizar hornos convencionales; pero este sistema solo está disponible en muy pocas industrias debido a su alto costo de inversión, alto costo de operación, mano de obra calificada y complejos sistemas de control de humedad de la madera, temperatura y humedad relativa de la cámara.

La tecnología que resulta en posición intermedia entre el secado al aire libre y el secado en horno convencional es la que utiliza un secador solar. La inversión inicial en la construcción de este tipo de secadoras no es tan alta y los diseños y modelos no son complejos de construir ni de operar; se puede obtener material seco más rápidamente y con contenidos de humedad óptimos para el producto acabado en las líneas de fabricación de muebles, puertas y juguetes, entre otros.

Tal como lo han comprobado nuestros vecinos latinoamericanos entre ellos Honduras y México, que incursionaron en el uso de secadoras solares desde hace más de 15 años, esta tecnología es de bajo costo, muy accesible a los pequeños y medianos productores, con bajo consumo de energía convencional, mantenimiento básico y sencillo y sin contaminación ambiental.

La Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con sede central en la ciudad de Cartago, ha investigado el proceso de secado solar y ha desarrollado su propio modelo de secadora y con la experiencia generada y la presente publicación pretende apoyar y promover este tipo de tecnología entre aquellos productores que apuesten por el uso de tecnologías limpias y secado óptimo de madera según las necesidades del producto y del mercado nacional.

2. El diseño de una secadora solar

2.1 Las secadoras solares

Las secadoras solares son cámaras que tienen la capacidad de almacenar el calor que es generado por la incidencia de los rayos solares sobre un colector de temperatura. La idea es que el calor que se genera sea útil en el proceso de secado de la madera.

Las cámaras de secado tienen dos partes fundamentales: la primera se ubica en la parte superior de la cámara y es la responsable de que el aire se caliente; la segunda es el área de apilado de la madera que se requiere secar (Figura 1).

El principio de funcionamiento de una secadora solar es simple. Una vez que el aire se calienta a lo interno de la secadora, ese aire se pone a circular entre la madera gracias a un sistema de ventiladores.

La masa de aire caliente se hace circular continuamente a través de la madera con el fin de que esta se caliente. Al elevar la temperatura el material empieza a liberar el agua que contiene y con ello se seca. Esto permite que la madera descienda sus contenidos de humedad a los niveles deseados, según sean las necesidades de la industria.

Las secadoras solares a pesar de que son muy simples en cuanto a diseño y funcionamiento, permiten y a la vez requieren de algún grado de control de las condiciones internas de temperatura y humedad relativa. Esto es posible gracias a la instalación de ventanas o ventilas que permitan intercambiar el aire húmedo de la cámara (Figura 1), por aire más seco de los exteriores de la cámara.

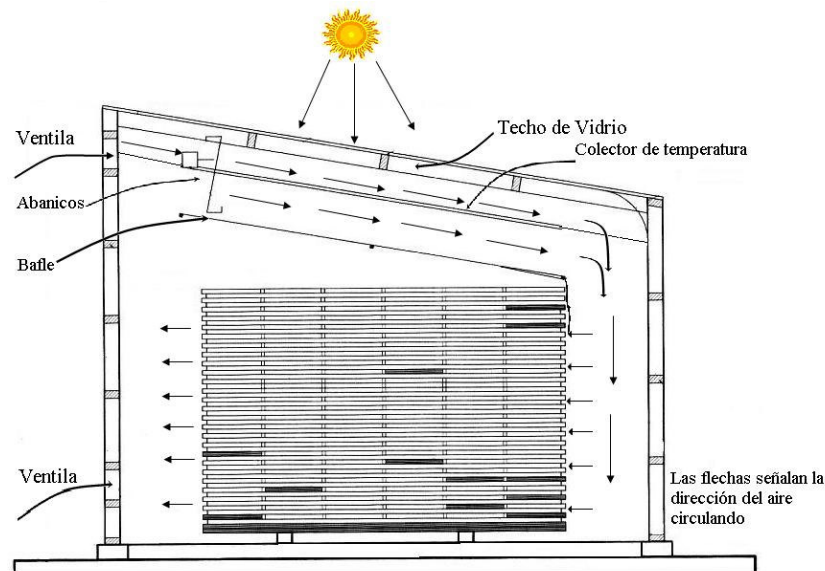


Figura 1. Principio general de un secador solar para madera.

2.2. Posición de la secadora

La posición de un secador solar depende de la incidencia de los rayos solares. Por ello, en primera instancia deben orientarse de Norte a Sur, para el caso de Costa Rica, pues el país se ubica en el Hemisferio Norte.

La caída o inclinación del techo, en el caso de Costa Rica, debe ser hacia el sur, de tal forma que se asegure la incidencia de los rayos solares lo más perpendicularmente posible, a lo largo del año.

El grado de inclinación va a corresponder con la latitud del país. Para el caso de Costa Rica esa inclinación es de 10%.

Puede observarse, en la Figura 2, que la caída de 10% en el techo permite que la variación en el ángulo de incidencia de los rayos solares en las diferentes épocas del año, no afecte la eficiencia en la captación de la energía sobre el techo y el colector de la secadora.

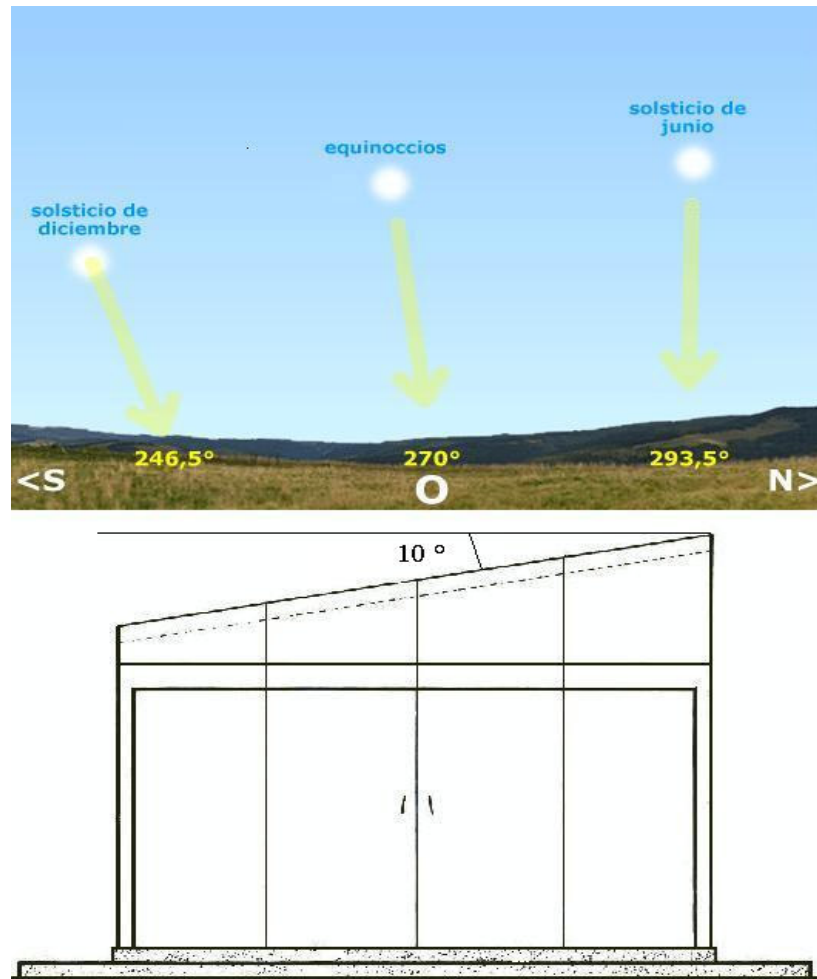


Figura 2. Posición de la secadora solar e inclinación con respecto a la incidencia de los rayos solares en Costa Rica (La imagen de la inclinación del sol para Costa Rica fue tomada de: www.cientec.or.cr/astronomia/equinoccios.html)

2.3. Tamaño y capacidad del secador solar

Cuando se diseña y construye una secadora solar, hay que considerar que el tamaño óptimo de la cámara está en función de la demanda de volumen de madera seca que requiere determinada industria.

Las experiencias de Honduras indica que no es conveniente construir secadoras con capacidades superiores a los 15 m³ (Benitez y Calderón 1993: 5), pues entre más grande sea la cámara menos eficiente es el secado.

Otro aspecto a considerar es el ancho de la secadora. El diseño debe garantizar una uniformidad en la circulación de la masa de aire a través de la pila de madera que se pretende secar. Es por ello que se recomienda que las secadoras no superen los 5 m de ancho, (Benitez y Calderón 1993: 5 y 8).

Una secadora que tenga 3,5 m de ancho y 3,5 m de largo con una altura máxima de 3 m (Figura 3), permite apilar una carga de madera de 6.6 m³¹.



Figura 3. Secadora solar con capacidad máxima de 6 m³ instalada en el Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago.

2.4 Aislamiento del calor

Al diseñar y construir una secadora solar, es de fundamental importancia evitar al máximo la pérdida de calor. Mantener la temperatura a lo interno de la cámara es vital para acelerar el proceso de secado, y llevar la madera a contenidos de humedad que no se logran con un secado al aire libre.

El objetivo del aislamiento del calor es lograr la máxima diferencia entre la temperatura interna de la cámara y la temperatura ambiental. Para ello la selección de materiales para el techo y paredes es fundamental. La experiencia de Honduras sobre este aspecto indica que la selección de materiales debe garantizar que la diferencia mínima entre las temperaturas externas e internas sea de al menos de 10° C, (Benitez y Calderón 1993: 6).

El techo debe construirse con un material transparente. Entre los que tienen esa propiedad, el vidrio es el que mejores resultados da. En el caso de las paredes, se puede usar madera, block, ladrillo, hierro galvanizado o esmaltado, etc.

¹ 6.6 m³ equivalen aproximadamente con 3000 pulgadas madereras ticas.

Cuando la estructura de las paredes es construida con madera, hierro galvanizado o esmaltado, el aislante térmico interno es de vital importancia pues se requiere evitar la fuga de temperatura. En el mercado costarricense, el que mejores resultados brinda, por costo y calidad, es la fibra de vidrio flexible. Este material debe cubrir al máximo los espacios entre el forro interno y externo de la secadora (Figura 4). Por otra parte, es necesario asegurarse de que las puertas de acceso cuenten con un material aislante entre el marco y las paredes de la puerta y de las ventilas. En ambos casos se puede usar láminas de hule comercial.

El estereofón es un tipo de material que puede utilizarse como aislante; sin embargo, tiene un costo más elevado que la fibra de vidrio flexible. También pueden utilizarse como aislante el heno o el aserrín, pero la eficiencia en el aislamiento del calor de estos materiales no se ha estudiado en Costa Rica.



Figura 4. A la izquierda se observa el uso de la fibra de vidrio como aislante entre forros. A la derecha se observa la misma pared interna ya forrada internamente.

Si la secadora solar se va a construir en un lugar donde hay problemas de radiación solar, siempre existe la opción de agregar calor inyectado a la secadora a través de un sistema de quemador de desechos.

2.5. Componentes básicos de la secadora

El diseño de una secadora solar debe incluir al menos cuatro componentes. Cada uno de estos contribuye a asegurar un funcionamiento adecuado y garantiza eficiencia y calidad en el secado. Estos cuatro componentes se describen a continuación:

✓ Techo

El techo de una secadora solar es un componente que requiere de gran atención ya que es precisamente a través de él que se capta la energía solar que calentará el aire interno de la cámara, el cual es el responsable del secado de la madera. Para su construcción se puede utilizar vidrio o láminas transparentes; dando mejores resultados el vidrio. La energía solar pasa a través del vidrio utilizando onda corta y una vez que lo atraviesa la misma energía no puede escapar ya que se refleja en forma de onda larga, la cual queda atrapada en la cámara produciendo un efecto invernadero a lo interno de la cámara (Figura 5).

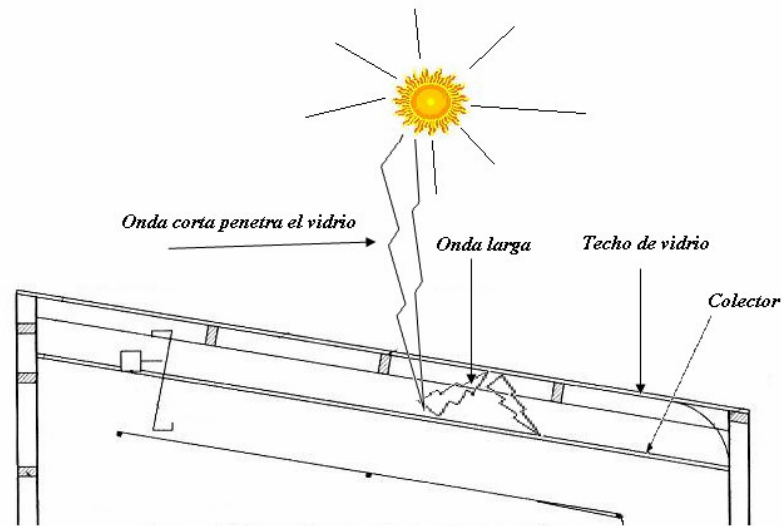


Figura 5. Efecto invernadero ocasionado por la incidencia de los rayos solares sobre el techo de vidrio.

✓ Colector

El colector debe ubicarse entre el techo y la pila de madera. La función de este componente es capturar la energía solar, la cual se transforma en calor y se transmite al aire, haciendo que este se caliente. Además, la presencia del colector impide que los rayos del sol incidan directamente sobre la madera que se pretende secar, evitándole daños a la superficie tales como grietas y decoloración.

Los colectores pueden construirse con láminas, corrugadas o lisas, de zinc; pero este tipo de material por su espesor se enfría rápidamente en ausencia de rayos solares. Debido a esto es mejor utilizar una lámina de hierro pintada en color negro mate de al menos 3 mm de espesor. El espesor de la lámina, combinado con su color negro mate, permite aprovechar al máximo la energía solar capturada.

✓ Ventiladores (Abanicos)

La energía solar capturada en el colector debe ponerse en movimiento a lo interno de la secadora, a fin de que ese aire caliente circule entre la pila de madera que se va a secar. Ese movimiento debe ser propiciado

por ventiladores que se colocan dentro de la cámara de secado. El aire caliente que circula entre la pila de madera, absorbe la humedad contenida en la madera y es por ello que se produce el secado.

El tamaño de las aspas y la capacidad del motor de los ventiladores, depende básicamente de la cantidad de madera que se va a secar. Esto significa que tendrán que instalarse la cantidad de ventiladores necesarios para que haya un movimiento uniforme de la masa de aire interna, a través de la pila de madera.

La velocidad promedio del aire a través de la pila de madera que se seca debe estar entre 1,0 y 2,0 m/s, (Benitez y Calderón 1993:4). Si se tiene velocidad más baja el secado no es eficiente y si la velocidad es más alta se pueden causar daños severos a la madera, como reventaduras e incluso grietas.

Idealmente, se deberían instalar abanicos que puedan invertir el giro para así permitir circulación de aire, en determinado momento, por ambos costados de la pila de madera y promover con ello una homogeneidad del contenido de humedad final de la madera en proceso de secado. (Figura 6).

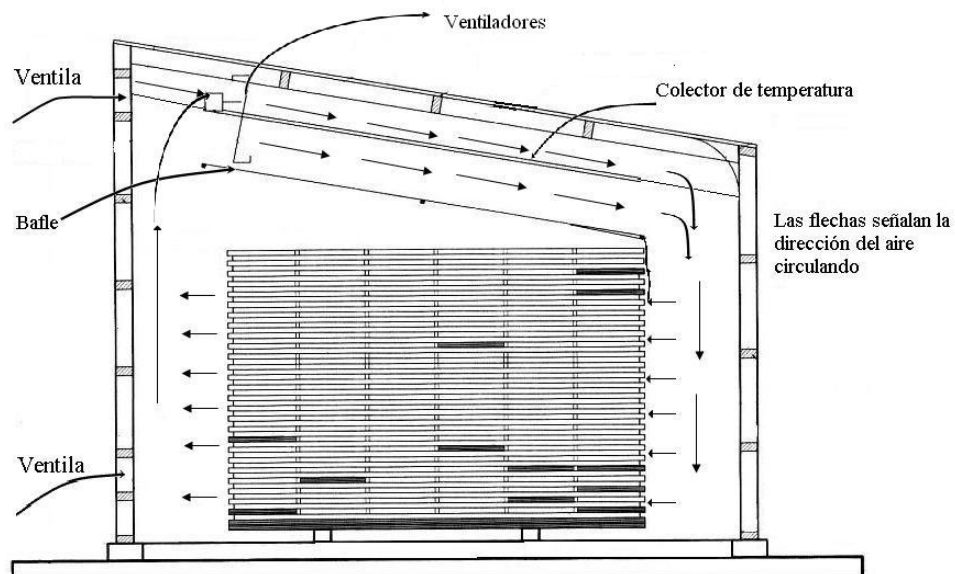


Figura 6. Movimiento del aire caliente a través de la pila de madera que se seca cuando se usa abanico con un solo sentido de giro.

✓ Ventilias

El aire caliente que circula a través de la pila recoge la humedad que hay contenida en la madera y esa humedad en un momento determinado satura el aire caliente, elevando la humedad relativa a lo interno de la secadora. Cuando esto ocurre el secado se estanca y si esa humedad no se saca de la secadora se corre el riesgo de que el proceso de secado se detenga e incluso que la humedad retorne a la madera.

Para evitar esto, el diseño de la secadora debe contemplar la existencia de ventilas o ventanas que se ubiquen en la paredes y que permitan aperturas controladas para que se dé intercambio entre la humedad ambiental fuera del cámara con la humedad interna de la cámara.

Estas ventilas solo se abren cuando la humedad relativa interna de la cámara es más alta que la humedad relativa fuera de la cámara. Debido al movimiento del aire que producen los ventiladores y la presión interna y externa a la cámara, una porción del aire caliente y cargado de humedad sale y otra porción menos húmeda y más fría entra para sustituir el aire que sale (Figura 6).

Con este procedimiento se asegura bajar la humedad relativa interna del aire de la cámara, pero también se sacrifica un poco de temperatura a lo interno de ésta. La saturación de humedad del aire interno a la cámara se intensifica durante las noches, cuando el aire es más frío y por esta razón, el momento idóneo para abrir las ventilas es bien temprano en las mañanas, cuando aún el sol no ha calentado lo suficiente el aire interno de la cámara. De esa manera el sacrificio de temperatura es mínimo.

2.6. Materiales de construcción

Las características primordiales de los materiales para construir la secadora no son diferentes a los requeridos para cualquier otro tipo de construcción. Se busca que el material esté disponible cerca del lugar de construcción para disminuir el costo de traslado. Además, como es lógico, se espera que ese material sea del menor costo posible.

La principal característica de los materiales es que deben mantener el calor a lo interno de la cámara de secado, se busca que los materiales de construcción aseguren un aislamiento término adecuado y que sean de larga duración.

2.6.1. Cimientos

La estructura de la secadora debe montarse sobre un cimiento que asegure aislamiento de temperatura y humedad proveniente del suelo. Aunque el área mínima de cimiento que debe existir en la secadora es la misma área de la secadora solar, se sugiere que se incluya un área de preapilado que sea de un área al menos igual al área de la secadora.

La calidad del concreto a utilizar para asegurar soporte a la secadora, y circulación de maquinaria pesada como tractor, montacargas, entre otros, debe ser de 210 kg/cm^2 de resistencia mínima al esfuerzo.

2.6.2. Paredes, puertas y ventanas

Para la construcción de paredes, puertas y ventanas se sugiere que se utilice la madera como estructura principal. Como forro externo e interno, se recomienda el hierro galvanizado No. 26, que está ampliamente disponible en el mercado nacional.

Si se quieren acabados más estéticos, se puede usar el corrugado como forro externo y el liso como forro interno. También se puede usar el hierro esmaltado en No 26, aunque el costo de éste, es mayor. Pero este último tipo de material tiene la ventaja de que no se corroe o herrumbra como el galvanizado.

El aislante térmico es indispensable en estos casos, por lo que se sugiere el uso de fibra de vidrio flexible (lana de fibra de vidrio), esta lana debe cubrir todo el espacio que hay entre los forros internos y externos.

Este material se consigue en el mercado nacional con facilidad y está disponible en diferentes espesores según sean las necesidades o especificaciones técnicas del secador a construir.

2.6.3. Techo

A continuación se brinda un análisis de ventajas y desventajas de diferentes tipos de material para construir el techo.

Cuadro 1. Materiales usados en la construcción de techo de secadoras solares

MATERIALES	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Vidrio	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Material estable ✓ Alta transmitancia ✓ Durable ✓ Pocas pérdidas de calor ✓ Disponibilidad local 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesado • Difícil de manejar • Construcción especial • Frágil
Plástico transparente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bajo costo ✓ Liviano ✓ Fácil de instalar ✓ Disponibilidad local 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco durable • Regular transmitancia • Regular aislamiento • Frágil
Lámina transparente	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Liviano ✓ Bajo costo ✓ Fácil de instalar ✓ Resistente ✓ Durable ✓ Disponibilidad local 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja transmitancia • Poco aislamiento

Fuente: Benítez y Calderón 1993: 11

Entre todos estos materiales, el más recomendable para construir el techo es el vidrio. Sin embargo, al instalarlo debe realizarse con cuidado y precisión para evitar que se quiebre. Además, debe sellarse muy bien las juntas o uniones para evitar filtraciones de agua a futuro. Para un mejor manejo se recomienda que el techo se coloque en cuadros de 0,80 m².

2.6.4. Colector

Aunque el colector solar se puede construir con hierro galvanizado, para mejores rendimiento se sugiere la lámina de hierro de 3 a 4 mm de espesor pintada en color negro mate. Este colector debe cubrir toda el área en donde se pretende apilar la madera que se va a secar.

2.6.5. Ventiladores (Abanicos)

Para secadoras solares cuya área interna en la cámara sea de 3,5 m x 3,5 m se sugiere la instalación de dos ventiladores con aspas que tengan un diámetro de 45 cm, 1700 rpm, con motor de 0,33 Hp y para conectar en 110 ó 220 voltios, según esté disponible. Es deseable que se pueda conseguir en el mercado, motores que permitan giro para dar movimiento de la masa de aire en ambos costados de la pila de madera.

3. Modelo de producción

Cuando se diseña y construye una secadora solar es porque esta va a ser de utilidad en la cadena productiva de una determinada empresa. Eso obliga a hacer un análisis del proceso productivo que se sigue y, con ello, ubicar el papel del secado y el manejo de la madera dentro de la industria que se trate.

La primera etapa es el presecado, con lo cual se acondiciona la madera y alista para el secado, realizar un presecado va a depender de las condiciones climáticas del lugar en donde se lleve a cabo el proceso de secado al aire. En el presecado la madera puede ser llevada a un contenido de humedad de alrededor del 50 % y luego de esto puede ser introducida a la secadora solar para el proceso de secado que la llevará hasta el contenido de humedad requerido según las necesidades posteriores dentro de la cadena productiva. No hacer presecado simplemente resulta en más días de secado en la cámara.

Cuando ya la madera ha sido secada, lo mejor es clasificarla según su calidad y separar aquella que pudiera tener defectos producto del secado. Luego debe ser almacenada bajo techo quedando a la espera para continuar en la cadena productiva, según corresponda. Esta clasificación a la que se hace referencia aquí, está estrictamente relacionada con el proceso de secado y no debe ser confundida con la clasificación de calidad y tamaño que se hace previo al secado en donde incluso es posible hacer saneos que garanticen que un alto porcentaje del volumen que se va a secar siga dentro de la cadena productiva, estas clasificaciones permiten ahorrar espacio, tiempo y dinero al productor.

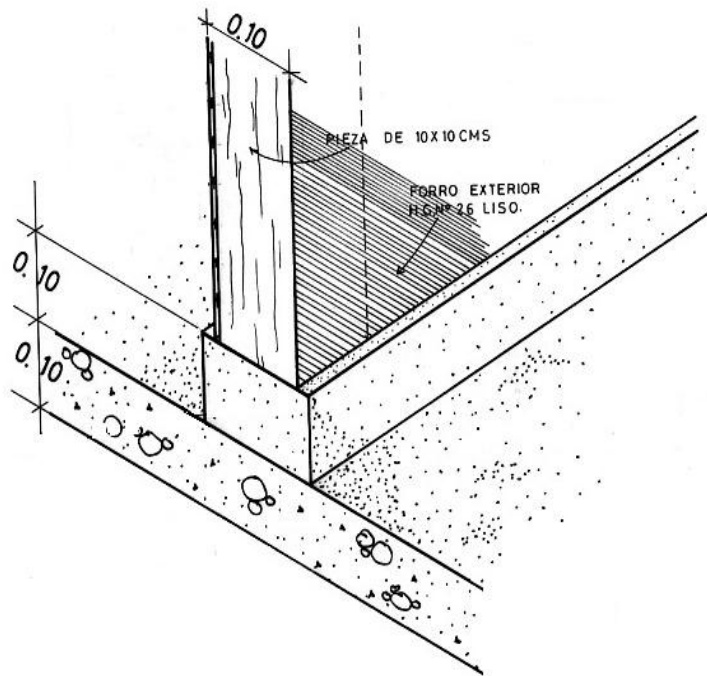
4. Prototipo de secadora solar

Para ejemplificar un diseño de secadora solar, se presenta a continuación el modelo de secadora construido por la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago. Este modelo fue diseñado por el Ing. Rafael Córdoba Foglia. Este modelo puede servir de guía para la construcción de secadoras solares adaptándolas a los recursos financieros y a las necesidades de cada industria.

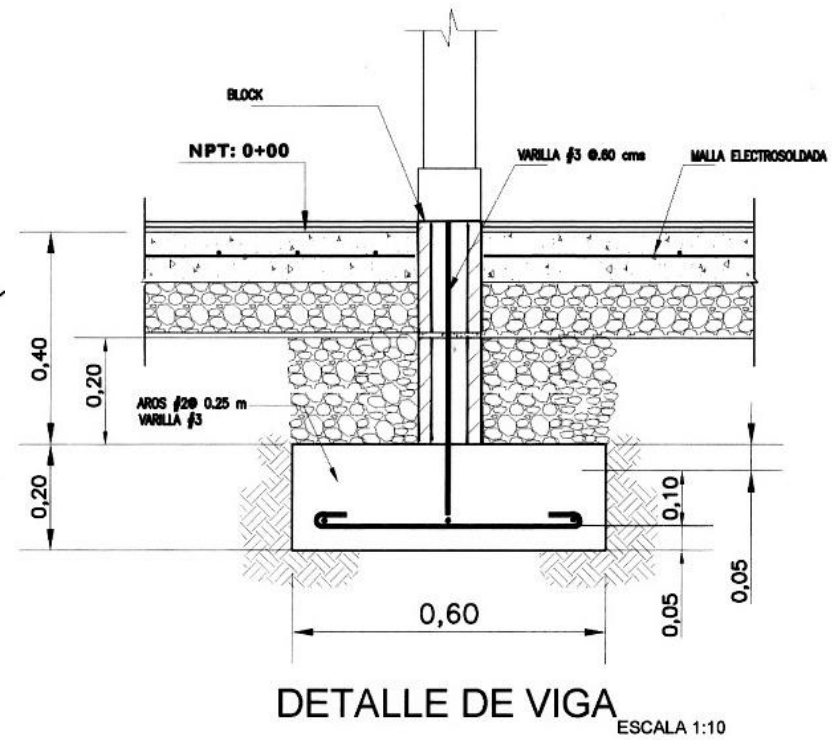
A continuación se presentan los planos que ejemplifican las características del secador solar:

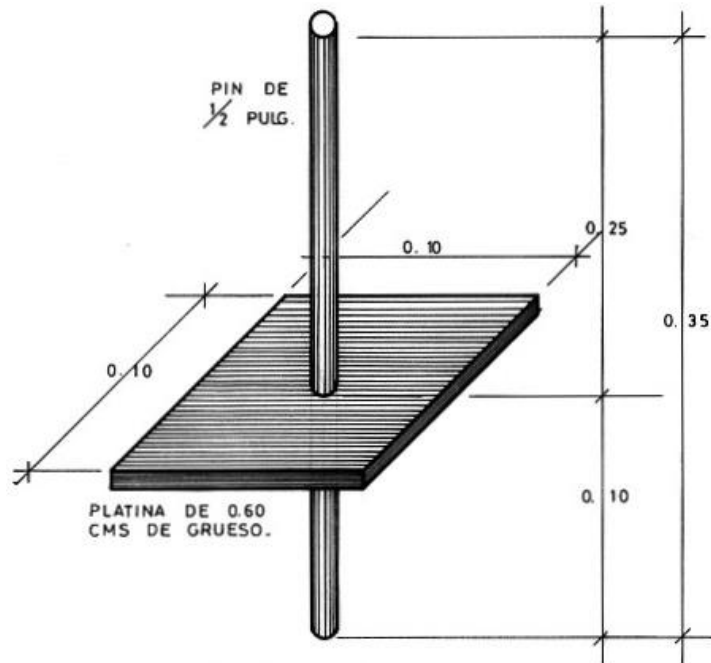
1. Detalles de cimiento
2. Detalles del techo
3. Vistas laterales

1. Cimientos



**DETALLE DE CORDON DE CONCRETO
DONDE SE MONTA LA ESTRUCTURA DE MADERA**



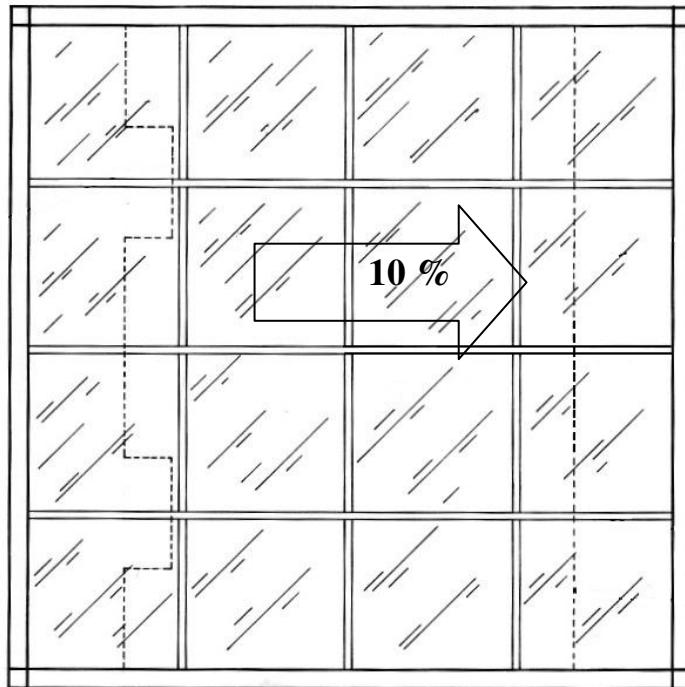


DETALLES DEL PIN DE ANCLAJE

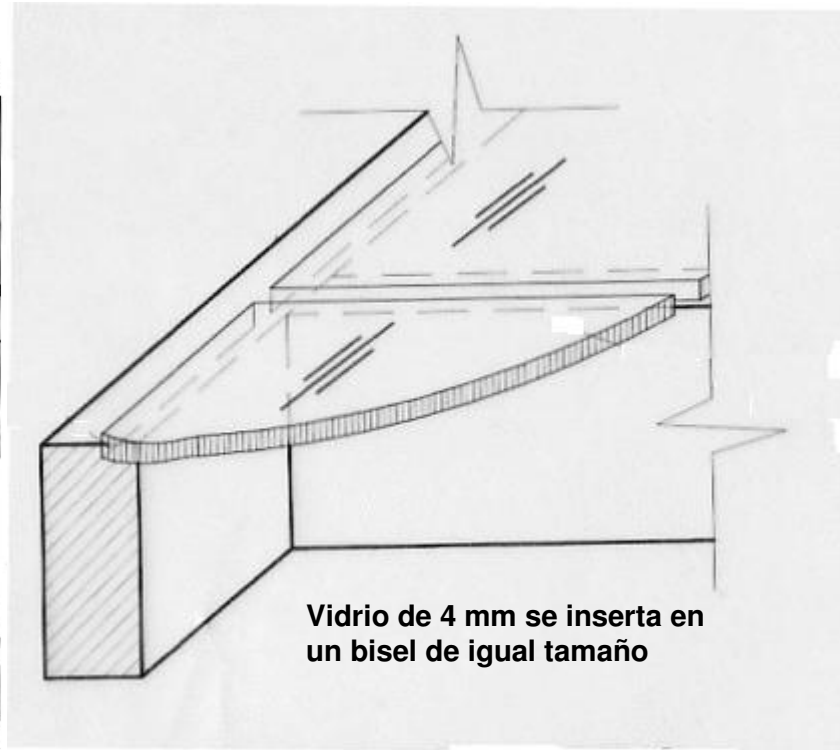


**DETALLE DEL CIMIENTO Y
COLOCACIÓN DE MALLA ELECTROSOLDADA**

2. Techo



VISTA SUPERIOR DEL TECHO



DETALLE DE LA COLOCACIÓN DEL VIDRIO

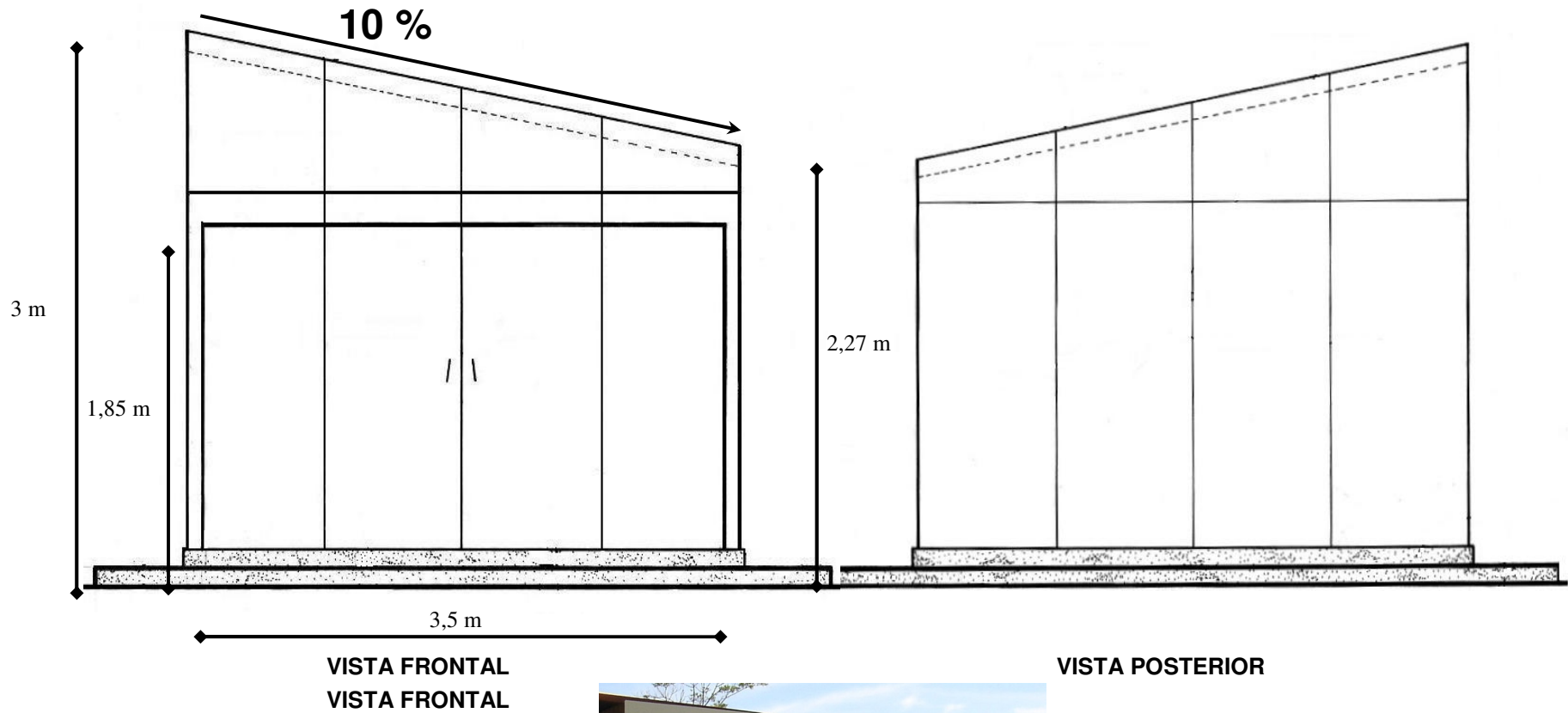


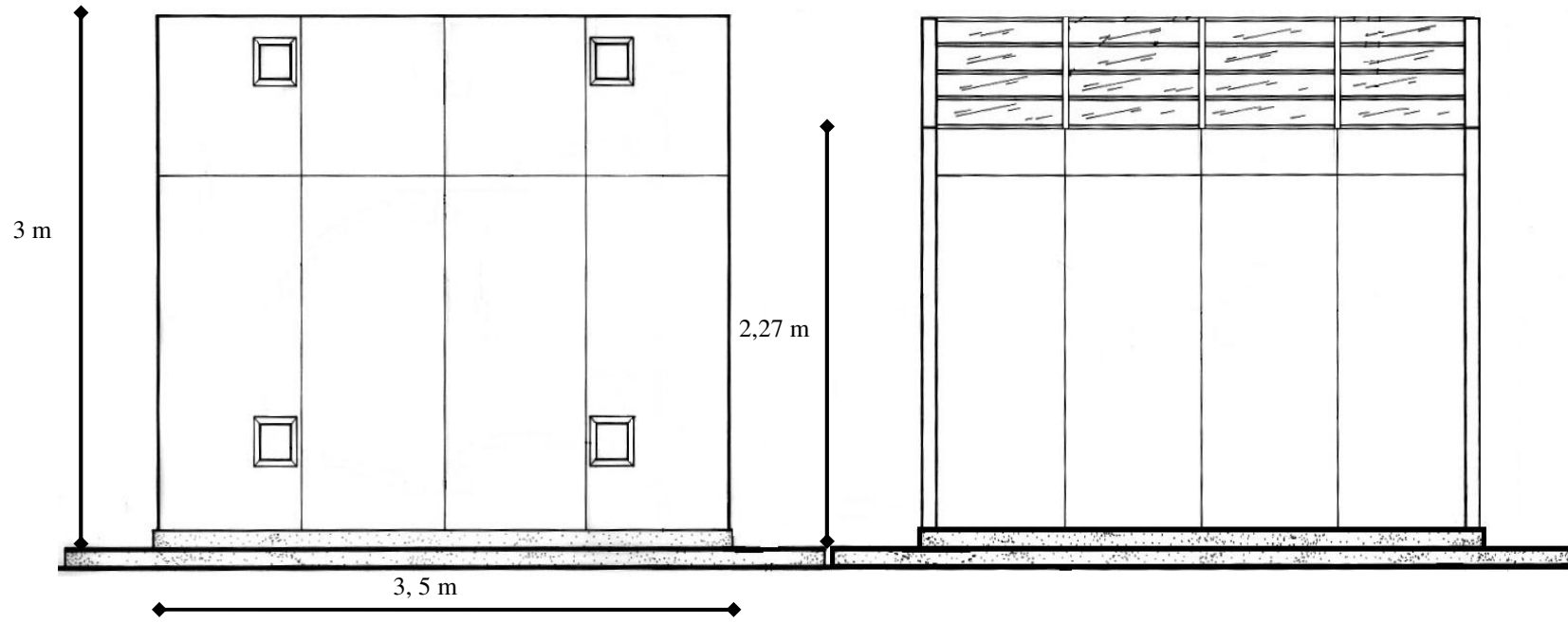
VISTA SUPERIOR DEL TECHO INSTALADO



VISTA INFERIOR DEL TECHO INSTALADO EL USO DE ESCUADRAS DA MEJOR SOPORTE A LOS CUADROS QUE SOPORTAN EL VIDRIO

3. Vistas laterales de paredes

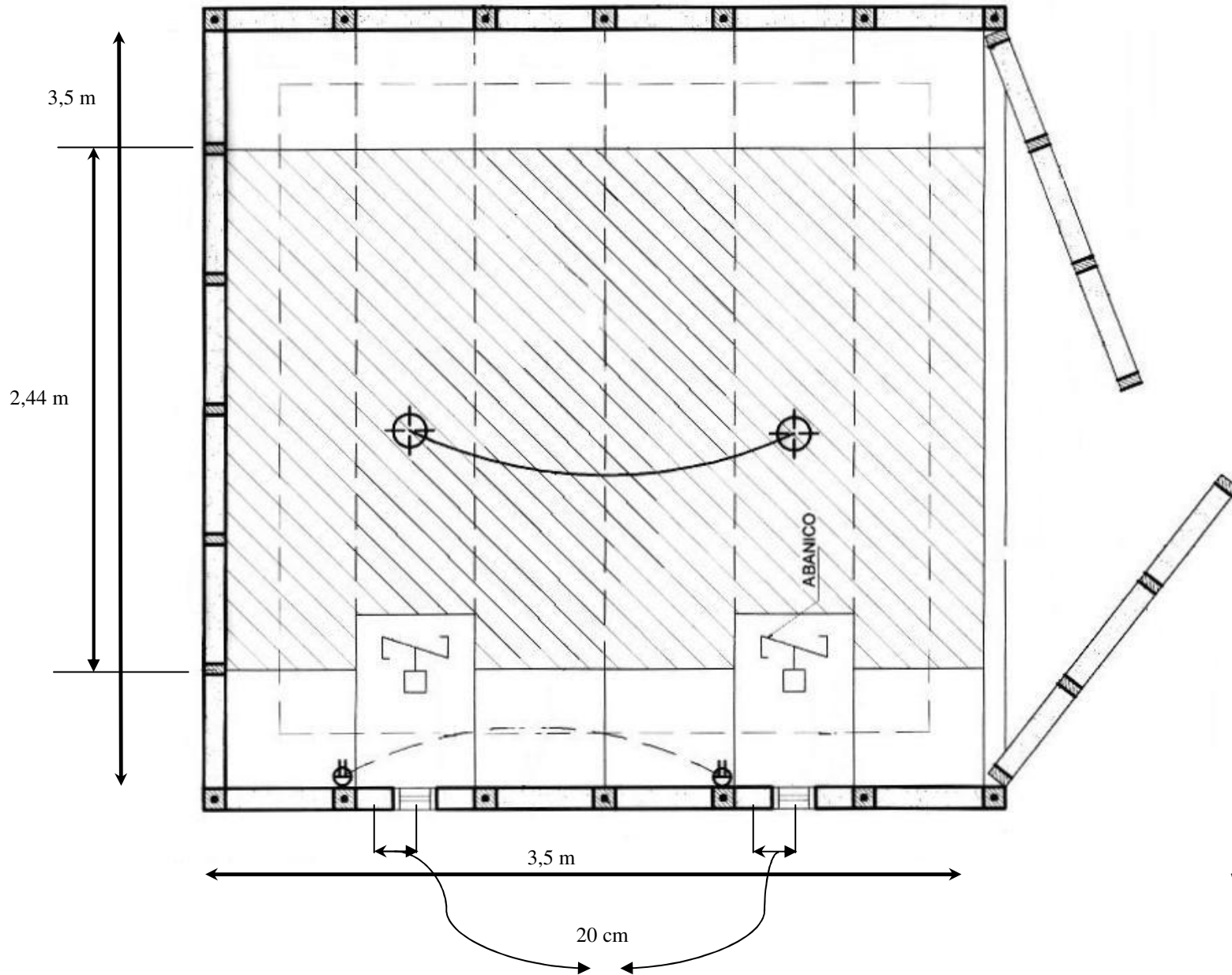




VISTA LATERAL IZQUIERDA

VISTA LATERAL DERECHA





VISTA DE PLANTA



INSTALACION DE FIBRA DE VIDRIO



DETALLE DE SOPORTES DEL COLECTOR Y COLECTOR



DETALLE DE INSTALACION Y UBICACIÓN DEL BAFLE



UBICACIÓN E INSTALACIÓN DEL VENTILADOR

5. Costos

Como una referencia se presentan los costos de la construcción de la secadora según el diseño mostrado. Debe aclararse que estos costos pueden rebajarse si algunos materiales se cambian por otros más económicos.

Cuadro 2. Costos de construcción de un modelo de secado solar de 6 m³ de madera

Rubro	Valor (US\$)	Porcentaje
Mano de obra	2884,6	39,9%
Cimiento	564,4	7,8%
Paredes, puertas y ventanas	1945,8	26,9%
Techo y colector	765,8	10,6%
Ventiladores y sistema eléctrico	1016,5	14,1%
Costos administrativos	46,2	0,6%
Total	7223,3	100,0%

Relación de cálculo: 1\$=¢520

Como se observa en el cuadro anterior, sin contar la mano de obra, la construcción de paredes puertas y ventanas, los ventiladores y el sistema eléctrico así como el techo y el colector resultan los elementos construcción más caros. Sin embargo, debe considerarse que son precisamente estos los que aseguran la calidad de la secadora.

La inversión de un horno convencional para secado es de aproximadamente \$50 000, es decir un 85.5% más cara que la inversión de construir una secadora solar.

Se estima la vida útil del secador en 30 años. Los ventiladores trabajando 24 horas al día y realizando 24 cargas al año pueden tener una vida útil de 4 años. Los costos de operación se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Costos de operación por metro cúbico

Rubro	Costo (¢/m³)	Costo (US\$/m³)
Edificio (30 años)	941,6	1,8
Ventiladores (4 años)	609,7	1,2
Inversión inicial en materiales	59,5	0,1
Mano de Obra	2481,6	4,8
Energía eléctrica (1.1 kw/hr*264 hr)	408,5	0,8
Costos de mantenimiento	204,2	0,4
Costo de materiales	18,9	0,04
Equipo de control (10 años)	980,4	1,9
Subtotal	5704,4	11,04
Costo de capital 18%	6121,08	11,77
Total	11825,5	22,83

Relación de cálculo: 1\$=¢520

El secado de madera en horno convencional cuesta en el mercado nacional ¢30954/m³ ((¢67/pmt). Haciendo la inversión completa en equipamiento e infraestructura de una secadora solar, se asegura una recuperación a los 36 meses de realizada la misma, con un costo de capital de 18% anual.

Los costos de secado en la secadora de horno convencional son de ¢20000/ m³ sin considerar el costo de capital (Fuente: Información sobre Venta de Servicios en el Instituto Tecnológico de Costa **Rica**), **mientras** que en la secadora solar es de ¢5692.4/ m³ es decir el costo se reduce en 71.5%.

Aunque el secado al aire libre sigue siendo una opción, es importante considerar que los porcentajes de humedad que se obtienen del secado al aire llegan entre el 18 y el 24%, mientras que en la secadora solar puede llegar entre el 8% y 12%. Aunque esta diferencia puede parecer mínima, en términos de mercados como el mueblero, puertas y juguetes, entre otros, esa reducción en los contenidos de humedad es significativa en cuanto a calidad del material para trabajar.

6. Conclusiones y recomendaciones

1. Antes de efectuar la inversión en la construcción de una secadora solar es importante que se evalúe las necesidades de materia prima, esto con el fin de construir la secadora según las necesidades óptimas del usuario.
2. Al diseñar y construir una secadora solar, el aislamiento térmico es de vital importancia para asegurar la calidad de la secadora.
3. El vidrio, aunque es frágil, resulta ser el mejor material para construir el techo de la secadora
4. Para asegurar la mayor cantidad de radiación solar, perpendicular al techo de la secadora, en el caso de Costa Rica debe construirse en dirección Norte-Sur con inclinación de 10%.
5. Comparado los costos del secado en horno convencional con el de secadora solar, el secador solar ofrece la ventaja de tener una inversión inicial relativamente baja, la inversión de tener un horno convencional podría superar en un 85,5%, la inversión de tener una secadora solar.
6. El retorno de la inversión con la construcción de una secadora solar cuando se requiere de un préstamo es de 36 meses, lo que lo convierte en una buena opción para los pequeños y medianos productores. Si no se solicita el préstamo y se tiene el dinero el tiempo para recuperar la inversión es de 32 meses que es el equivalente a pagar durante este mismo tiempo el secado a $\text{¢}23100/\text{m}^3(\text{¢}50/\text{pmt})$.

7. Bibliografía de referencia

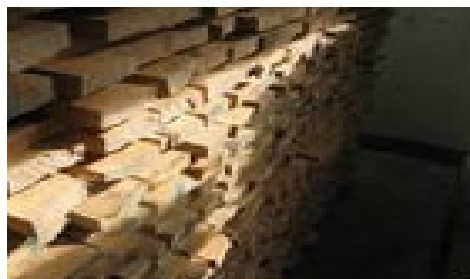
1. Benítez, R y Calderón, A. 1993. Secador Solar para Madera. 1 era ed. CEMAPIF y CUPROFOR, Honduras, 23 p.
2. Helwa, N et al. Experimental Evaluation of Solar Kiln for Drying Wood In Drying Technology An Internacional Journal. (en línea), vol. 22 No. 4. Consultado el 22 de agosto del 2007. Disponible en <http://www.informaworld.com/smpp/432725900-51705737/title~content=g713628631~db=jour>.
3. Martínez-Pinillos, E. 1997. Diseño y ensayo de una secadora solar para madera. Maderas y Bosques. (en línea). vol 3, No. 2. Consultado el 22 de agosto del 2007. Disponible en la web: <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/resumeness/3.2/pdf/Martinez%201997.PDF>
4. Proceedings of All-division 5. 1992. Forest Products. International Union of Forestry Research Organizations conference; 1992 August 23–28; Nancy, France. Nancy, France: IUFRO.
5. Wright, J. 2003. Estudio de la variabilidad espacial y temporal de la heliofania relativa en Costa Rica. Top. Meteor. Oceanog. [en línea]. 2003, vol 10, No. 1. consultado el 22 de agosto del 2007. Disponible en <http://www.una.ac.cr/fisica/energiasolar/CALCULO.pdf>.

Anexo 2. Desplegable “Guía Práctica No 3. Secadoras Solares de Madera”.

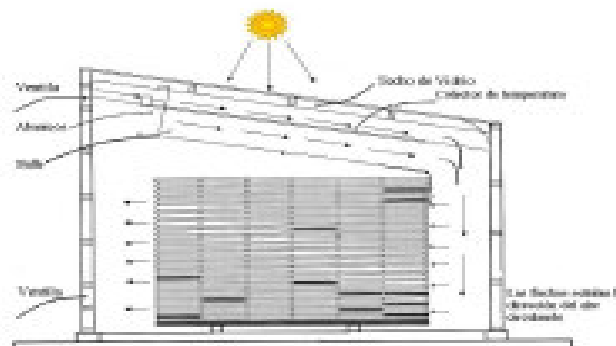
Ventajas de construir Secadoras solares

Construir una secadora solar tiene las siguientes ventajas:

- ✓ Los materiales que se requieren son comunes y están disponibles en nuestro mercado nacional.
- ✓ Las secadoras solares son sencillas en cuanto a diseño y operan con mucha facilidad.
- ✓ Los costos de construcción no son tan altos y la inversión podría recuperarse en unos 19 meses.
- ✓ Se logra llevar la madera a contenidos de humedad de 10 % y 12%, que son contenidos adecuados para trabajar productos acabados como en la industria del mueble, puertas y entre otros.
- ✓ Aunque los costos de operar un secador solar son más altos que el secado al aire, son un 83% más bajos que secar madera en hornos convencionales.



Pila de madera en secadora solar



Esquema general del funcionamiento de una secadora solar de madera

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Forestal
Centro de Investigación en Integración
Bosque Industria
CIIBI Cartago-Costa Rica

Si usted desea mayor información sobre este tipo de construcción contáctenos
Teléfono: (506) 530-2374
Fax: (506) 591-3315

Información recopilada por: Cynthia Barrios García y Roger Moya Rojas
Fotografías: Cynthia Barrios García y Roger Moya Rojas
Ilustración gráfica e impresión:

Guía Práctica N° 3

Secadora Solar para Madera



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN INTEGRACIÓN BOSQUE INDUSTRIA



Utilidad de las Secadoras Solares de Madera

Las secadoras solares son cámaras que tienen la capacidad de almacenar el calor que es generado por la incidencia de los rayos solares sobre un colector, con el fin de que éste sea útil en el proceso de secado de la madera.

El uso de esta tecnología es de bajo costo, muy accesible a los pequeños y medianos productores, con bajo consumo de energía convencional, un mantenimiento bajo y sencillo y no contamina el ambiente.



Secadora solar de 6 m² de capacidad construida en el Instituto Tecnológico de Costa Rica en Cartago

tamina el ambiente.

Componentes de la secadora

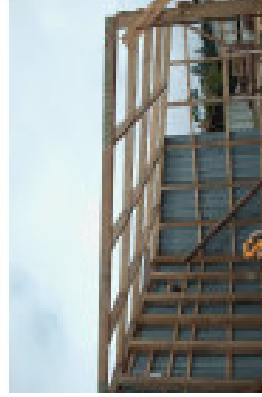
- Cimientos
- El cimiento brinda:
 - ☞ Soporte estructural de la cámara;
 - ☞ Aislamiento de la humedad y temperatura

- Paredes y puertas:

Las paredes deben estar construidas de tal manera que:

- ☞ La temperatura interna se mantenga lo más posible dentro de la cámara.
- ☞ La humedad externa no ingrese a la cámara.
- ☞ Las paredes deben garantizar el sellado total de la cámara.

En las paredes deben construirse vacuillas o ventilas que sirvan de intercambio de aire interno con externo cuando la humedad relativa interna de la cámara, sea muy alta.



Estructura de paredes y forros externos

- Techo

El techo de un secador debe garantizar el ingreso de los rayos solares.

Para Costa Rica el techo deberá tener una inclinación aproximada a los 10% en la dirección Noroeste-Sur, con el fin de que los rayos solares incidán perpendicularmente al colector durante todo el año

- Colector Solar

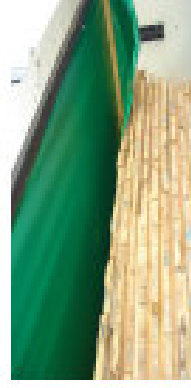
La función del colector solar es almacenar el calor que se genera por la incidencia de los rayos solares sobre él.

- Circulación del aire

Para la circulación del aire dentro de la cámara y entre la pila de madera, se requiere la instalación de abanicos. La cantidad y capacidad de los abanicos depende del tamaño de la cámara.

- Baffle

El baffle es una estructura ubicada entre el colector y la pila de madera y tiene la función de evitar la incidencia directa de la corriente de aire sobre la madera.



Ubicación del baffle, en este caso de forma, con respecto a la pila de madera

- Control y seguimiento del secado
- Se requiere control y seguimiento de la temperatura y humedad relativa dentro de la cámara, aunque algunos también controlan la velocidad de circulación de aire. Esto se puede realizar con higrotermómetros o psicrómetros de observación periódica (utilización de termómetros).

Anexo 3. Publicación en InformaTEC: **Secado de madera, de la mano con la conservación ambiental.** Noviembre, 2007, N° 268, p. 4.

Investigadores del TEC trabajan con energías renovables Secado de madera, de la mano con la conservación ambiental

Carolina Salazar Alguera
Colaboradora
csalazar@itcr.ac.cr

“...la madera dentro de todo su proceso de producción se necesita secar, así como se necesita secar el arroz y frijoles. Durante el proceso tiene que eliminarse la humedad que trae eso naturalmente”

El secado de madera en la industria nacional se había convertido en un gran problema y la solución a este inconveniente se encuentra en la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La solución consiste en la implementación de diferentes tipos de tecnologías de secado natural. Y es que en un proceso más artificial se ocupan grandes cámaras que requieren de una gran inversión, inversión que solo puede ser pagada por pocas empresas.

Exactamente lo que se hace es tomar la energía solar, luego los rayos solares inciden directamente sobre un colector solar que es el que se encarga de generar la temperatura y para finalizar simplemente se hace circular el aire.

El prototipo del diseño del profesor ya pensionado Rafael Córdoba, fue realizado por la máster Cinthya Salas, que se encargó de llevar el proceso de construcción. Además, los ingenieros Róger Moya y Freddy Muñoz han estado a cargo de la parte técnica.

“Como lo hicimos aquí, tratamos de que sea presentable, pero ya las empresas pueden acortar utilizando distintos materiales”, explica Róger Moya.

De esta forma, las empresas que implementan esta nueva tecnología de energías renovables además de ayudar al medio ambiente, pueden recortar gastos ya que de los 50 mil dólares que cuesta una industrial como las que se utiliza actualmente, solamente gastarían alrededor de tres millones de colones con el prototipo que realizaron en el TEC

El proceso de secado es sumamente rápido porque puede durar menos de dos semanas, con gran volumen de madera en contraste con el método natural, que es dejar una pila de madera a la intemperie, el cual puede durar un mes. Y en el industrial es más rápido pero el costo es mucho mayor.

“Lo único que en este momento tenemos eléctrico son los abanicos para que el aire circule, pero ya eso no es nuestro campo, el de cómo hacer abanicos alimentados por energía solar,

ya habría que involucrar los físicos y gente preparada en eso”, agrega Róger.

Lo que sigue...

Además, de mejorar el prototipo que se tiene actualmente, principalmente con la implementación de abanicos que también funcionen con energía renovable, lo que significaría un proceso totalmente natural, se espera llevarlo a las industrias de la madera.

“...ya tenemos el prototipo y estamos en proceso de prueba hasta diciembre y ahora estamos trabajando con varias empresas con el fin que ellos implementen este sistema dentro de sus procesos productivos. Por ejemplo, ya iniciamos dos sesiones concretas con la Cooperativa de Agricultores de Perez Zeledón, que es una cooperativa que incluye a pequeños y medianos productores”, afirma uno de los impulsores

Los involucrados explican que lo ideal es tener este modelo implementado en varias zonas geográficas de Costa Rica porque va a depender de la radiación solar, ya que la zonas aptas son las del Pacífico, y alguna parte de la zona de San Carlos, principalmente porque reúnen ciertas condiciones de temperatura, o sea hay mucho calor y mucha radiación solar.

“Consideramos que Cartago es la peor condición para esta, porque siempre está nublado y hay poco calor. Entonces si funciona aquí, desde luego en cualquier otro lado lo hará ya que tiene muchos mejores condiciones”, concluyó Róger Moya.



Roger Moya fue uno de los encargados del proceso de construcción de la cámara de secado de madera.



Estas son las distintas cámaras de secado que existen: la de secado natural, la que utiliza energías renovables y la industrial.

Anexo 4. *Resumen para propuesta de congreso IV Congreso Forestal Latinoamericano a celebrarse en Mérida Venezuela en abril de 2008.*

Diseño y construcción de un secador solar para madera a pequeña escala para especies de plantaciones de rápido crecimiento en Costa Rica

Cynthia Salas G.², Roger Moya R.³

Resumen

En la actualidad cerca del 55% de la madera que es consumida en el país proviene de árboles de plantaciones. La industria de plantaciones se ha limitado principalmente al proceso de aserrío, dejando de lado procesos importantes en la cadena de producción como el secado, la preservación y la utilización de residuos. Fue desarrollado un modelo de secado para la región de Costa Rica, para secar madera de plantaciones de rápido crecimiento. El modelo posee una capacidad de 6 m³ de madera aserrada y fue construida con materiales de venta en el mercado costarricense. Su costo fue de US\$7200, distribuido: 39,9% en mano obra, 26,9% en paredes aislantes de calor, 14,1% en ventiladores y su respectiva conexión eléctrica, 10,6% colector solar y 7,8% en cimientos. Los primeros resultados con madera de teca (*Tectona grandis*) de 2,5 cm de espesor de plantación han mostrado que la temperatura interna de la secadora oscila entre 5 y 15 °C superior a la temperatura ambiente y la humedad relativa al iniciar el proceso de secado generalmente está en un rango de 85-95%, dando como resultados que constantemente se tenga que estar abriendo las ventilas de la secadora.

Palabras claves: secadora solar, secado, costos, técnicas de secado, teca.

² Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, apartado 159-7050, Cartago Costa Rica.
Email: cysalas@itcr.ac.cr

³ Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, apartado 159-7050, Cartago Costa Rica.
Email: rmoya@itcr.ac.cr