

② *Project - 97*
-0-

SECADORA SOLAR PARA MADERA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN DISEÑO INDUSTRIAL

P R E S E N T A :

OTHON CARLOS REYNOSO CAMPOS

COLABORADOR:

Enrique Martinez Pinillos C.

UNIDAD ACADEMICA DE DISEÑO INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Introducción..... 1

1. La madera..... 7

 1.1 Naturaleza de la madera..... 8

 1.2 Estructura de la madera..... 9

 1.2.1 Estructura macroscopica.....10

 1.2.2 Estructura microscopica13

 1.3 Relaciones agua-madera.....14

 1.4 Contenido de humedad.....15

 1.5 Punto de saturación de la fibra.....15

 1.6 Contenido de humedad en equilibrio.....16

 1.7 Humedad relativa.....16

 1.8 Contracciones.....17

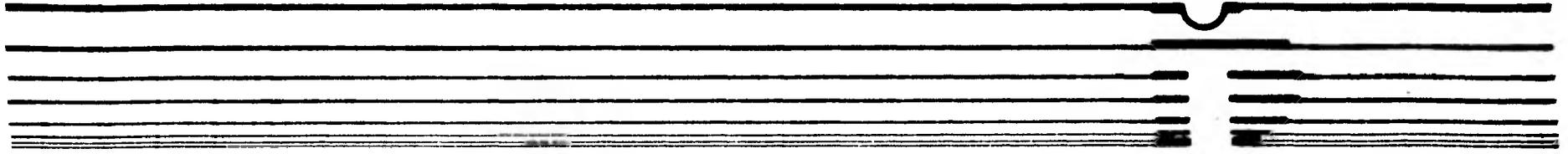
2. Secado de madera.....19

 2.1 Objetivos del secado.....20

 2.2 Ventajas del secado.....20

 2.3 Factores que afectan la capacidad del secado.....22

 2.4 Secuelas de secado.....22



INTRODUCCION



México posee una superficie de 196 millones de hectáreas con un incremento anual de 44 millones metros cúbicos de madera en rollo, de los cuales sólo se explotan 8 millones m^3_r * de la siguiente manera.**

Aserrado	4 835 000 m^3_r
Celulósico	2 144 000 m^3_r
Chapa y contrachapado	360 000 m^3_r
Postes y pilotes	164 000 m^3_r
Leña, combustibles y otros	621 000 m^3_r

Se estima que sería conveniente secar el 30% de la madera aserrada en estufa con aire acondicionado; ésta sería demandada por los diferentes ramos industriales. Existen

* Son los trozos de árboles seccionados en el monte, y representa la primera transformación del árbol.

** Datos de la Subsecretaría Forestal y de la Fauna, para el año 1978.

en México más de 100 estufas de secado de diferentes capacidades, que varían entre 8 y 60 millares de pies tabla, dedicadas a esta actividad; esto nos daría un promedio de volumen de secado de 569 000 metros cúbicos en rollo, representando el 38% de la cantidad de madera que se debería secar. Por consiguiente 931 mil metros cúbicos en rollo, que equivalen a 394,535,460 de pies tabla de madera aserrada, con posibilidades de secarse, no se secan por no contar con las instalaciones suficientes y procesos económicos; destinándose esta madera a otros usos menos rentables para los productores, ya que al pasar este gran porcentaje de madera a la industria de la transformación con un alto contenido de humedad, provoca deformaciones y defectos en los productos terminados. Esto genera una desconfianza en diversas aplicaciones, a pesar que la madera es un material que, por sus cualidades, se puede usar en una gran diversidad de productos, si se le acondicionan para soportar las exigencias a la cual va a ser sometida.

De esta información se deduce la necesidad de promover el uso de secadoras de poco

costo y con una capacidad que satisfaga las necesidades de la pequeña y mediana industria, así como del sector artesanal y de las comunidades forestales que constituyen un amplio mercado potencial.

La madera secada en estufa es solicitada básicamente por las industrias de la construcción y de manufactura de productos de madera.

1. Construcción.-

1.1. En estructuras: cimbras, puntales, traveses, etc.

1.2. Pisos

1.3. Paredes

1.4. Techumbres

1.5. Accesorios: puertas, ventanas, escaleras, etc.

1.6. Para elementos decorativos: acabados interiores y exteriores, molduras, etc.

1.7. Construcción de fábricas y minas.

2. Manufactura de productos de madera.

2.1. Muebles

2.2. Implementos para vehículos

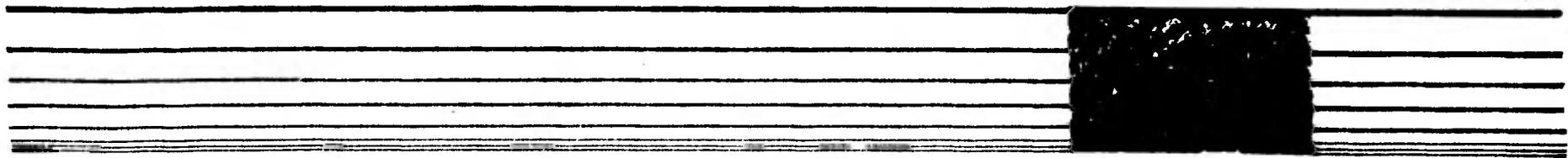
2.3. Otros productos: artesanías, artículos deportivos, cajas de empaque, utensilios para obreros, etc.

Para que toda esta variedad de productos puedan cumplir correctamente con la función para la cual fueron elaborados, es necesario que posean el contenido de humedad apropiado, como se puede ver en el siguiente cuadro.

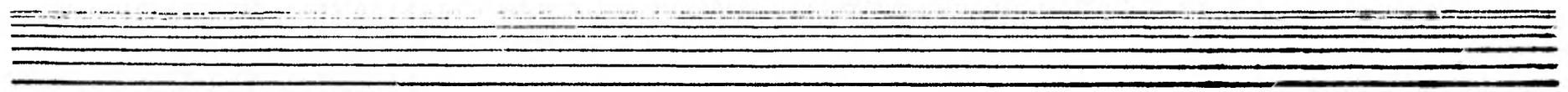
CONTENIDO DE HUMEDAD PARA VARIOS ARTICULOS
DE MADERA SEGUN SU USO

ARTICULO	MIN. %	MAX. %	USUAL %
Aparatos ortopédicos	5	9	6
Artículos para deportes	8	10	8
Baúles y petacas	4	9	6
Hormas para zapatos	4	6	5
Instrumentos musicales			
Gabinete radio, televisión, pianos.	2	6	5
Juguetes	6	7	6
Lápices	3	8	6
Gabinetes cocina	4.5	6	5
Mangos para herramienta	2	10	7
Modelos para fundición	5	6	5
Muebles en general	4	10	6
Pisos	6	10	6
Puertas	4	8	6
Sillas y partes	5	12	6
Tacones	3	9	6
Ataúdes	3	6	5
Lanzaderas y bobinas para telares	4	6	5

Según, "The Air Seasoning and Kiln Drying of Wood",
Herndersen.



1. LA MADERA



La madera puede ser definida como el producto del metabolismo de un vegetal la cual es producida para satisfacer las funciones de soporte, conducción y almacenamiento. Por eso es que sus propiedades están sujetas a amplias variaciones ocasionadas con factores externos que afectan el crecimiento y variabilidad de dicha estructura (Carmona, 1980).

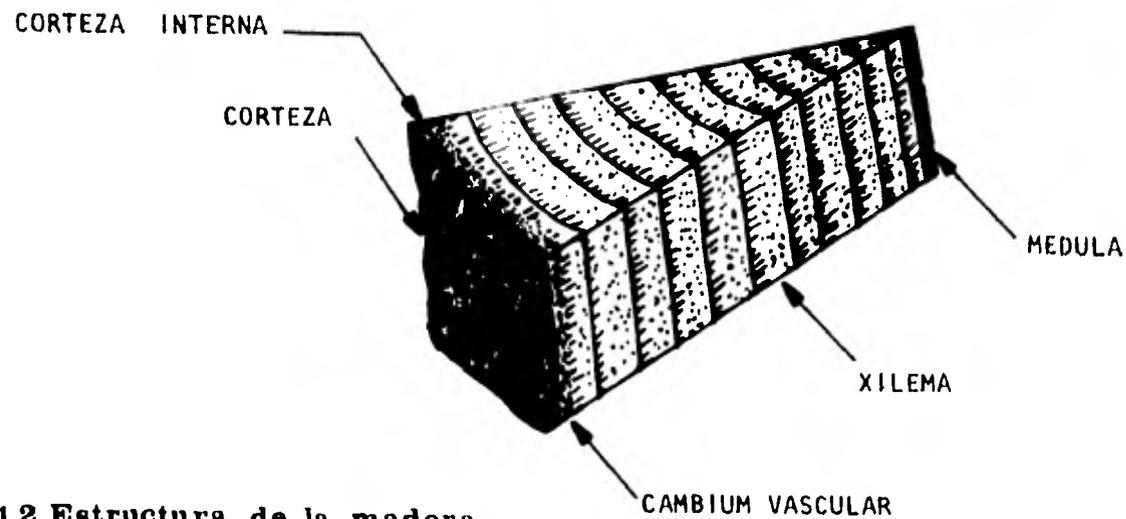
1.1 Naturaleza de la madera

Los árboles son plantas maderables, perennes, poseen un tronco que persiste de año a año, el cual corresponde al tallo de los vegetales y sucesivamente se divide en ramas y hojas.

El tronco comprende, a grosso modo, de dentro hacia afuera; la médula, la madera o xilema, una zona de crecimiento llamado cambium y la corteza; la primera de ellas es muy pequeña, la segunda es la porción principal del tallo, la tercera y cuarta con el tiempo continuamente se van perdiendo y reponiendo.

La madera es originada por superposiciones sucesivas de células en la periferia del tronco a partir de la zona de células de cambium vascular. El cambium se divide hacia adentro

para formar tejido xilemático y hacia a fuera para originar la corteza. Esta se divide en dos zonas: la corteza interna, la cual contiene células vivas y por lo tanto participa en las funciones fisiológicas del árbol y la corteza externa, formada por células muertas.

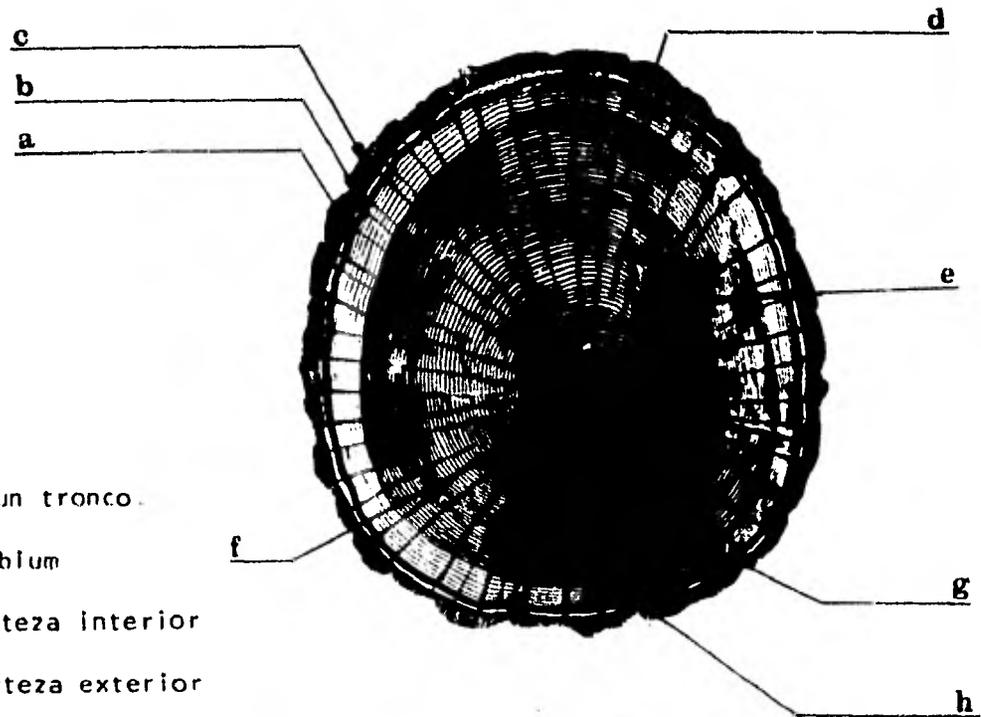


1.2 Estructura de la madera

La estructura de la madera se puede dividir en macroscópica y microscópica (Fernández, 1974).

1.2.1 Estructura macroscópica

Elementos que forman la estructura macroscópica de la madera en una sección transversal.



Sección Transversal de un tronco.

- a) Cambium
- b) Corteza interior
- c) Corteza exterior
- d) Albura
- e) Duramen

f) Médula

g) Anillos anuales

h) Rayos.

a) Cambium.-Es una capa delgada de tejido unicelular, que continuamente forma nueva madera y corteza, si se daña puede ocasionar hasta la muerte del árbol.

b) Corteza Interior.-Sirve como tejido conductor y distribuidor en la alimentación del árbol.

c) Corteza Exterior.-Sirve para proteger al árbol contra peligros exteriores y dada su constitución, actúa también como aislante contra la evaporación de agua.

d) Albura.-La parte, generalmente de color claro, compuesta en su mayoría, por células fisiológicamente activas o vivas. Aunque su contenido de humedad es mayor que el del duramen, seca más rápidamente que éste.

e) Durámen.-La lignificación así como los cambios físicos y estructurales durante la vida del árbol, convierten la albura en duramen al morir las células de aquella. El durámen es la parte que sostiene al árbol. De color más oscuro y de secado más tardío. En el estufado, requiere condiciones benignas de temperatura y humedad al principio para no dañarlo. Vulgarmente se le llama madera de corazón.

f) Médula.-Es un cono de poco diámetro y diversas formas de tejido muerto en el centro del árbol. Es lo primero que se descompone en el árbol maduro, y en algunas especies como en el encino, desaparece totalmente dejando un hueco. La madera inmediatamente cercana a la médula, es casi imposible de secar sin defectos.

g) Anillos Anuales.-Son todas las capas concéntricas que se forman en el árbol cada año en los climas templados y en cada estación de crecimiento en otros climas. En los tropicales el crecimiento es casi continuo, por lo que se dificulta su distinción. Los anillos más cercanos a la médula tiene mayor curvatura y la madera en esta zona tiende a alabearse más al secarse.

h) Rayos.- Son láminas longitudinales formadas por células que parten del centro o médula, cortando los anillos perpendicularmente, su función es de nutrición y almacenamiento. Constituyen el elemento más débil en el árbol por esta razón de allí parten las rajaduras en la madera durante el secado.

1.2.2 Estructura microscópica

Para comprender con mayor facilidad los componentes microscópicos de la madera es necesario recordar que los árboles se clasifican en dos grandes grupos:

- Angiospermas: Son árboles cuya semilla se desarrolla dentro de un ovario, como en el caso del nogal, la caoba, la balsa, etc.
- Gimnospermas: Sus semillas que se desarrollan al descubierto tal es el caso de pinos, abetos, cedros blancos, sabiras, etc.

La madera de angiospermas esta constituida por fibras, vasos, células de parenquima axial y rayos. En cambio, la de gimnospermas tiene los siguientes elementos: traqueidas, rayos y en

ocasiones canales resiníferos con sus acompañantes células epiteliales.

13 Relaciones agua-madera

Absorción.-Es el proceso mecánico resultante de fuerzas superficiales de tensión a través de las cuales un sólido poroso adquiere un líquido dentro de su estructura capilar (Echenique, 1980).

Adsorción.-Es la adquisición de un gas, de un líquido en su fase gaseosa o del soluto de una solución por un polvo fino o un material poroso. La madera contiene agua o humedad esencialmente en tres formas:

1. Agua de constitución (Solo se puede extraer destruyendo a la madera).
- 2.-Agua libre (Localizada en los espacios libres y cavidades de las células).
- 3.-Agua higroscópica o agua fija (El agua dentro de las paredes celulares y la fija molecularmente y polimolecularmente).

1.4 Contenido de humedad

Es la cantidad de agua que la madera contiene expresada como por ciento del peso de la madera anhidra y su fórmula es la siguiente:

$$C.H.= \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la madera anhidra}} \times 100$$

1.5 Punto de saturación de la fibra

A un contenido de humedad de aproximadamente 30% toda el agua "libre" ha salido de la madera, y a este contenido de humedad se le denomina punto de saturación de la fibra (PSF). Toda el agua que queda está dentro de las paredes celulares y estas están saturadas.

En el árbol vivo en pie el contenido de humedad de la madera siempre está por arriba del PSF.

Es importante recordar que el punto de saturación de la fibra es un valor teórico, el cual

no puede ser determinante con exactitud en forma experimental. El rango de PSF para las especies de madera en general es del 18 al 35%, el promedio es alrededor de 30%.

1.8 Contenido de humedad en equilibrio

Cuando a la madera se le pone en condiciones atmosféricas constantes, es decir, a temperatura y humedad relativa constantes, hasta que la muestra obtenga un peso sin variaciones, se dice que ha logrado tener un contenido de humedad en equilibrio. En otras palabras, el contenido de humedad en equilibrio es el contenido de humedad en el cual la madera no registra variaciones cuando está rodeada de aire con cierta humedad relativa y temperatura.

1.7 Humedad relativa

Va de 0 a 100%, y es la condición de la atmósfera representada por el porcentaje de la

cantidad de humedad que la atmósfera puede retener a cierta temperatura. Es la relación de presión de vapor actual sobre la presión de saturación que existirá a cierta temperatura.

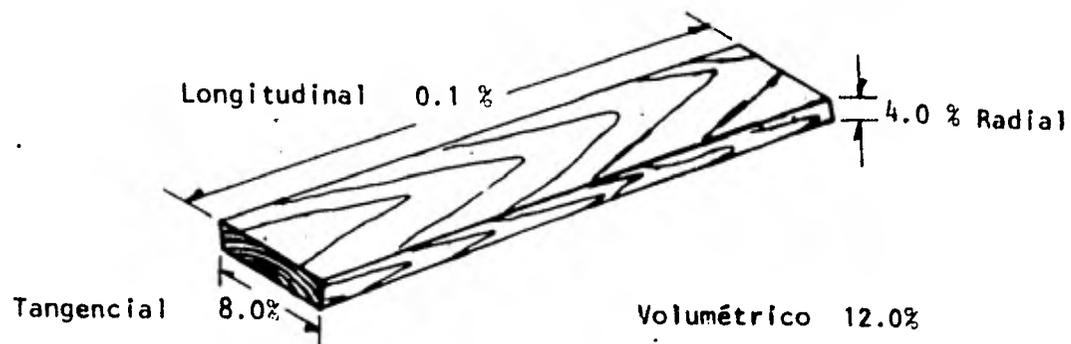
Para hacer las mediciones de humedad relativa el aparato que generalmente se usa es el psicrómetro; se forma de 2 termómetros colocados el uno junto al otro, el bulbo de uno de ellos se mantiene humedecido con una mecha dándonos una lectura menor que en el otro debido al frío producido por la evaporación, después de las tomas de lectura de los 2 bulbos, se llevan a una tabla que nos da la humedad relativa.

1.8 Contracciones

Se inician cuando el contenido de humedad de la madera cae por abajo del PSF.

En general podemos decir que las constracciones en las tres principales direcciones de la

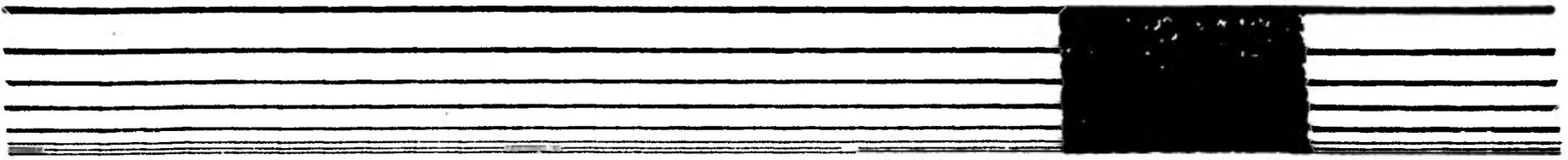
madera son del siguiente orden: y corresponden a valores promedio de las maderas:



Estos valores son obtenidos a partir de la fórmula:

$$\text{Contracción \%} = \frac{\text{Dimensión verde} - \text{Dimensión seca} \times 100}{\text{Dimensión Verde.}}$$

Desde el punto de vista práctico podemos asumir que las constracciones en la madera, son directamente proporcionales a los cambios de contenido de humedad cuando ocurren por debajo del punto de saturación de la fibra.



2. SECADO DE MADERA



Al ser derribado un árbol para ser transformado en chapa, madera aserrada o pulpa de papel, el tronco contiene gran cantidad de agua localizada dentro de su estructura, es necesario extraer esta humedad de alguna forma antes de ponerla en servicio, es decir, es recomendable secarla hasta un contenido de humedad cercano al que va a tener una vez que se ponga en servicio.

2.1 Objetivos de secar la madera

- a) Reducir el contenido de humedad de la madera hasta alcanzar el grado óptimo para su utilización final.
- b) Secarla de la manera más económica con un mínimo de defectos, en el menor tiempo posible y con el equipo mínimo.

2.2 Ventajas del secado

- 2.2.1 Se aumenta la estabilidad dimensional de la madera en uso, minimizando el rango de cambios dimensionales como respuesta a cambios en contenido de humedad.

2.2.2. Se aumenta notablemente la resistencia mecánica, y sus características como aislante térmico, sonoro y eléctrico.

2.2.3. Se aumenta extraordinariamente la resistencia a ser biodegradada especialmente por hongos causantes de pudriciones.

2.2.4. Permite un mejor tratamiento impartándole una mayor duración con preservadores, barnices, pinturas y repelentes al agua.

La madera es un material higroscópico, esto significa que adsorberá agua del aire húmedo o la dejará escapar al aire si él es relativamente más seco, así tenemos que: si a una pieza de madera con un contenido de humedad en equilibrio con la atmósfera circundante la trasladamos del interior de una oficina a un invernadero, donde hay más humedad en la atmósfera, la madera adsorberá moléculas de agua de aire para alcanzar un nuevo contenido de humedad hasta equilibrarse con el del aire que la rodea.

2.3 Factores que afectan la capacidad del secado

2.3.1. Color: Afecta la evaporación de la humedad de la superficie de la madera; también tiene un gran efecto sobre la tasa a la cual la humedad se mueve hacia su superficie.

2.3.2. Humedad: Afecta la tasa de evaporación de humedad de la superficie de la madera.

2.3.3. Circulación de aire: Como se mencionó anteriormente conduce el calor a la madera llevándose el vapor de agua de su superficie.

2.4 Secuelas de secado

Son guías para el uso apropiado de temperatura y humedad relativa dentro de estufas de secado, para ciertas especies y dimensiones de piezas. La selección de la secuela se basa en los siguientes factores:

- 1.-Especie
- 2.-Contenido de humedad inicial
- 3.-Grueso

4.-Uso al que se destinará la madera

5.-Tipo de estufado

6.-Calidad de madera.

En términos generales se puede decir que una secuela de secado en estufa de carácter práctico, para madera verde, consistiría en tener una temperatura baja inicial, después una temperatura intermedia y al final una temperatura alta. En los porcentajes de humedad relativa se registrará una secuencia inversa, de alta a baja.

Al principio del secado las capas más externas de la pieza pierden humedad más rápidamente que las del centro, toda la humedad que se desaloja corresponde a la llamada agua libre, no es hasta que la madera tiene un contenido de humedad del 30% que esta es extraída quedando únicamente agua fija y de constitución, es entonces cuando se inician las contracciones. El proceso continua hasta llegar al contenido de humedad deseado.

2.5 Metodos comunes de secado

El método más común de extraer humedad de la madera, es en forma de vapor de agua, para lo cual es necesario suministrarle calor, Existen dos formas principales de como hacerle llegar el calor a la madera.

- a) El secado al aire libre o a temperaturas ordinarias del medio ambiente.
- b) Con secadoras, en donde se eleva la temperatura artificialmente sin exceder en la mayoría de los casos los 100°C.

En ambas formas se utiliza el aire como el medio a través del cual se conduce el calor a la madera y recoge el vapor extraído.

2.5.1 Secado al aire libre.

Este método consiste esencialmente en disponer la madera en paquetes, formando capas con separadores entre ellas y colocados bajo una estructura techada, sin paredes, la cual protege a la madera de la lluvia y de los rayos directos del sol, pero permite que el aire de la atmósfera circule libremente entre las capas de madera y lleve a cabo el secado. Las pilas de madera deben de estar orientadas en relación a los vientos dominantes. En este método la madera se deja en los patios de secado hasta que alcance un contenido de humedad entre 15% y 23%. En México este es el método más usual de secar madera y los contenidos de humedad que se logran son, en la mayoría de los casos, suficientes para ser usada con fines estructurales.

La ventaja principal de este método es su bajo costo inicial, ya que la inversión es relativamente baja, sin tomar en cuenta la madera que se tiene atada durante el proceso que puede ser de dos a tres meses. Las limitaciones más importantes en el uso de este método están relacionadas con el poco control que se tiene sobre los factores de secado, y depende en gran medida del clima y variaciones diarias de éste.

2.5.2. Secadoras artificiales

Existen varios tipos de secadoras; el principio de ellos se basa en la regulación de las condiciones del aire. El más elemental de estos secadores es un cuarto dentro del cual se pone la madera y se calienta el aire una vez que se ha cerrado la puerta. Aquí no se puede controlar ni la humedad relativa ni la velocidad del aire. Los resultados que se obtienen son malos, la madera se agrieta y se tuerce mucho.

El más complejo tiene un sistema de calentamiento con vapor que circula dentro de serpentines y para aumentar la humedad relativa del aire, hay descargas de vapor a baja presión dentro del secador.

El aire se hace circular mediante ventiladores reversibles. La pila de madera se hace fuera del horno sobre carros. Estos secadores tienen control automático de la temperatura y de la humedad relativa del aire. En algunos casos tienen medidores múltiples para

determinar la humedad de la madera que se esta secando. En este tipo de secadores se puede obtener una buena calidad en la madera.

Los secadores se pueden construir de diversos materiales: ladrillo, madera, concreto.

El aire dentro de cualquiera de los tipos de secadores anteriores circula a través de las tablas con una velocidad 1 a 2 m/seg.

La humidificación del aire se hace con vapor o con agua atomizada. Esto se hace antes de que el ventilador se ponga a funcionar, para que mezcle bien el aire con el agua o el vapor.

El secador debe tener sistemas de ventilación para remover el exceso de humedad del aire, se necesitan también entradas de aire fresco. La extracción del aire puede controlarse manual o automáticamente, en el caso de circulación natural la ventilación se hace por

el techo o las paredes. La entrada del aire está en la parte inferior del secador. Si es de circulación forzada, la extracción se hace del lado de alta presión del ventilador y la entrada del lado opuesto.

Con la utilización de estufas, el proceso de secado se puede acelerar considerablemente de 1/10 a 1/30 del tiempo requerido al aire libre, reducir los defectos causados durante el proceso y secar la madera con los contenidos de humedad deseados. Los costos directos de secado en estufa son mucho más altos que los de secado al aire libre. En México se ha venido incrementando el uso de estufas paulatinamente, sobre todo para secar madera que será empleada en la construcción de muebles, pisos y lambrines.

2.8 Otros métodos de secado

Existen otros procesos para secar madera, los cuales no reúnen las suficientes ventajas para obtener un buen secado, lo que ha impedido su uso y difusión.

2.6.1 Secado con vapor recalentado.

Es en este procedimiento en el cual la temperatura del vapor oscila entre 110 y 115°C, y se obtienen tiempos de secado muy pequeños.

Los secadores son de construcción metálica, aislados térmicamente con lana de vidrio. Se construyen de tal manera que quedan herméticamente cerrados para evitar fugas de vapor, generalmente tienen ventiladores centrífugos, los cuales se colocan en la pared interior del secador.

La velocidad de circulación del vapor es más grande que la velocidad de circulación de aire, en el sistema de secado antes descrito y es de 2 a 10 m por segundo. El grado de recalentamiento del vapor está comprendido entre 10 a 15°C. Debido a las condiciones drásticas existentes dentro del secador, éste se corroe rápidamente; esta es la principal desventaja que tiene este secador, además de que su precio es mayor que el de los secadores de aire caliente.

El tiempo de secado varía entre 6 y 24 horas. Mediante este procedimiento se han secado maderas de pino, oyamel y tilo. Para otras maderas, como en las de difícil secado, no ha dado buenos resultados pues se distorsionan en exceso.

2.6.2. Secado con solventes.

En este método la madera se trata con un solvente que se mezcla con la brea y el agua contenidas en ella, haciendo posible la extracción de ambas.

Cuando la madera ha llegado al contenido de humedad deseada, se hace pasar por una corriente de gas inerte por el extractor, para evaporar el solvente que ha quedado en las tablas, el cual es recuperado después.

Con éste método, usando acetona como solvente, la madera de pino, se seca en la mitad o en la cuarta parte del tiempo que en un secador con aire caliente, emplearía:

De mil pies cuadrados, madereros, se obtienen 25 kg de brea, en las condiciones anteriores. La resistencia de la madera no disminuye y su calidad aumenta. El equipo y el costo de operación son elevados. La industrialización de este método depende no sólo del incremento del precio de la madera, sino también del que tenga la brea en el mercado.

2.6.3 Secado por Medios Eléctricos.

En algunos métodos la fuente de calor es la corriente eléctrica. Uno de ellos es la radiación infrarroja. Esta radiación tiene muy pequeña penetración en la madera, de tal manera que la temperatura en el interior de la misma está en función de su temperatura superficial.

Esta no debe subir mucho, porque la humedad relativa del aire baja. Las tablas deben exponerse a la radiación una por una.

Otro procedimiento es el calentamiento de la madera como un dieléctrico, en un campo de alta frecuencia (un millón de ciclos/seg). La madera se coloca entre los electrodos; se calienta

rápidamente, obteniéndose una velocidad de secado grande. Pero como consecuencia de dicho calentamiento violento, las maderas se agrietan, y en ocasiones estallan. Además de estas dificultades técnicas, el precio del equipo usado en ambos casos es muy elevado; solo en los países donde la corriente eléctrica es muy barata, se podrían usar estos métodos.

2.6.4. Secado solar.

Este método consiste básicamente en captar la energía emitida por el sol y transmitida al aire, el cual se hace pasar por la pila de madera ya sea por circulación natural o forzada mediante un ventilador; se debe de tratar de evitar las pérdidas de calor, para lo cual es importante escoger bien los materiales y dotar a la secadora solar de una capa de aislamiento. En este tipo de secados no se puede controlar la temperatura, esto depende de la hora del día y el mes del año en que se encuentre, la humedad relativa se controla con ventilas de entrada y salida de aire a la recámara deseada; es un método que produce buenos resultados a bajos costos y en tiempos intermedios, entre el secado al aire libre y el secado convencional en estufa, se recomienda para maderas de difícil secado por el rango de temperaturas bajas a que funcionan.

La mayoría de estas secadoras han sido experimentales, aunque ya hay quien las vende comercialmente; a continuación se da una breve información de cada una de ellas (United Nations 1978).

Colorado, USA.

Un pequeño laboratorio forrado por una doble capa de plástico y variando velocidad del viento.

Wisconsin, USA.

Un pequeño laboratorio de observación con capacidad de 425 pies tabla (1 m^3) forrado con una doble capa de plástico y un ventilador.

Río Piedras. Puerto Rico.-

Un laboratorio de 2000 pies tablas 4.7 m^2 de capacidad, forrada con una doble capa de plástico y cuatro ventiladores de 40 cm. de diámetro.

Filipinas.-

Un laboratorio de 480 pies tablas ($1.1. m^3$) orientado de norte a sur forrado con una capa de plástico y un ventilador de 61 cm de diámetro

Uganda.-

Una estufa de secado de 1400 pies tabla ($3.3. m^3$) orientada de norte a sur forrado con una doble capa de plástico y dos ventiladores de 46 cm de diámetro.

Dehra Dun, India.-

Nueve pequeños laboratorios escala de estufas de secado en varios diseños que varían las condiciones del movimiento del aire, la humedad, calor y usando diversos materiales.

Fort Collins, Colorado, USA.

Una estufa de secado con capacidad de 1200 pies tabla ($2.8 m^3$). forrado con láminas

traslúcidas onduladas de fibra de vidrio y reforzada con una capa de resina polyester y dos ventiladores de 61 cm de diámetro.

Filipinas

Una estufa de secado de 480 pies tabla (1.1. m³) forrada con láminas onduladas de fibra de vidrio reforzadas con una capa de resina polyester y un ventilador de 61 cm de diámetro.

Kumasi, Ghana.-

Una estufa de secado de 1700 pies (4 m³) de capacidad adaptada a una casa con un solo ventilador.

Tananarive, Madagascar.

Una estufa de secado de 1200 pies tabla (4 m³) orientado de norte a sur forrada con láminas onduladas de fibra de vidrio y dos ventiladores.

Moshi, República Unida de Tanzania.

Una estufa de 4000 pies tabla (9.4 m^3) orientada de norte a sur con captadores en el techo y forrado con una doble capa de resina polyester, y cuatro ventiladores de 51 cm de diámetro

Uganda.

Una estufa de secado, de 8000 pies tabla (18.9 m^3) orientada de norte a sur, con seis ventiladores de 51 cm de diámetro y forrado con una doble capa de polietileno.

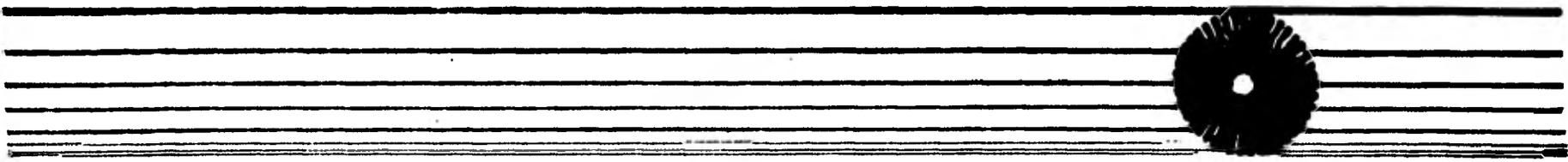
Thundar Bay, Ontario Canadá

Una pequeña estufa de secado con (4.36 m^2) de área de colector de y con capacidad de 20 pies³ ($.566 \text{ m}^3$) de área de almacenamiento de calor, construída en 1977 orientada de norte a sur y previendo las cargas ocasionadas por la nieve y con una capacidad de 500 pies tabla (1.18 m^3) forrada con una doble capa de triplay.

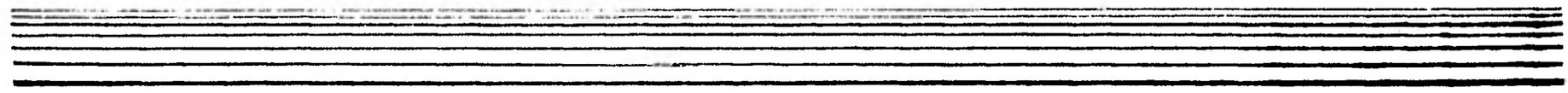
Hasta mayo de 1980 ya existían aproximadamente 88 estufas de secado en todo el mundo, distribuidas de la siguiente manera: (Yang K.C. 1980).

India	13
Puerto Rico	6
Taiwan	17
Uganda	10
Filipinas	2
Ghana	8
Pakistán	14
Australia	12
EE.UU.	6

En México se han hecho varios intentos de elaborar una secadora de este tipo, pero hasta la fecha no se ha llegado a ningún resultado concreto.



3. ENERGIA SOLAR





El uso de esta fuente de energía en nuestro país resulta indispensable, tomando en cuenta los continuos y vertiginosos incrementos del costo de los hidrocarburos, así como la escasez de los mismos en nuestros días. Por estas razones consideramos que la insolación recibida en México es muy importante y debemos utilizarla como recursos energético; si comparamos la radiación que incide en México con la de EE.UU. tenemos que en México recibimos el 44% de la radiación total de éste país cabe señalar que la superficie de México en relación con la de EE.UU., es la quinta parte. Por otra parte se tiene que para la extensión territorial nacional de 1 972 547 km² la energía solar recibida diariamente sobre todo el país es de 10.85×10^{12} kwh o sea 39.59×10^{14} kw año.

(Hernández, 1978)

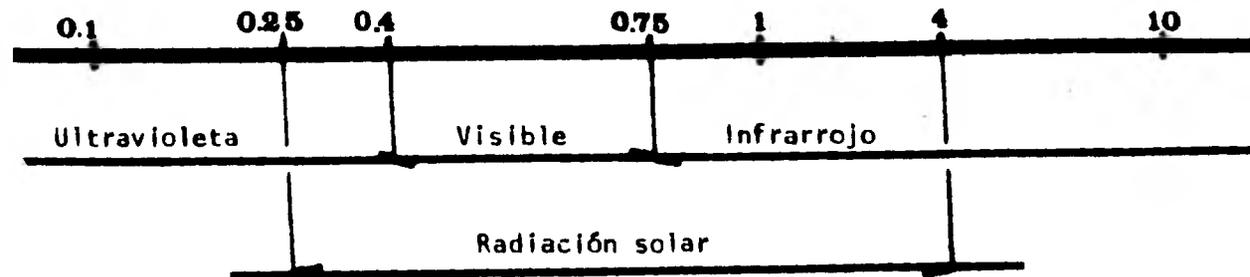
3.1 La radiación solar

El sol es una esfera de 1 400 00 km de diámetro, que irradia una gran cantidad de energía debido a reacciones nucleares en cadena. Una gran parte de la energía que produce sirve para mantener su temperatura y el resto se envía hacia el espacio.

Esta energía nos llega esencialmente bajo la forma de ondas electromagnéticas como las utilizadas en las transmisiones de radio o televisión, pero de longitudes más cortas.

La radiación solar está constituida por una superposición de ondas, cuyas longitudes están comprendidas entre 0.25 micras y 4 micras.

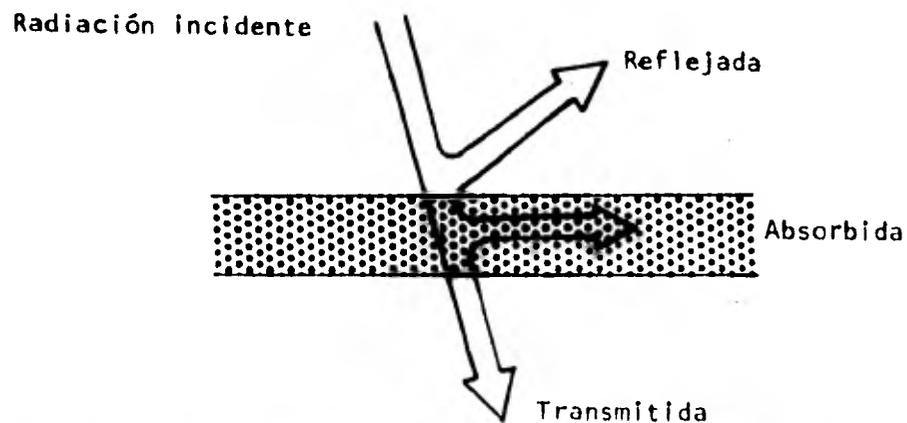
Nombres usados corrientemente para los diferentes dominios de longitudes de onda.



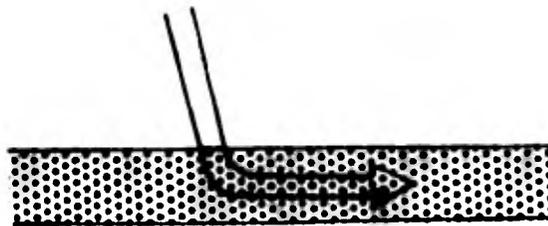
Esta radiación recibida del sol se descompone en radiación directa y radiación difusa y la suma de estos se entiende como radiación global. Cuando los rayos solares llegan a la tierra sin haber tenido obstáculos, se les denomina radiación directa, cuando los rayos solares se encuentran con obstáculos como las nubes estos son difundidos al pasar por ellas y se les conoce como radiación difusa.

3.2 Efecto de la radiación sobre los cuerpos

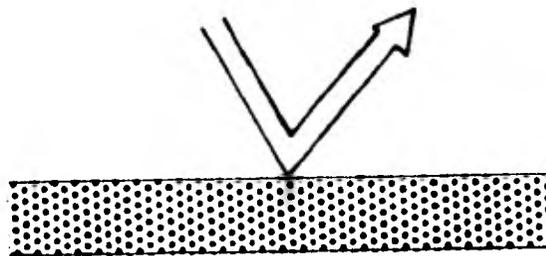
Cuando un cuerpo es sometido a la radiación este puede absorberla, reflejarla o transmitirla



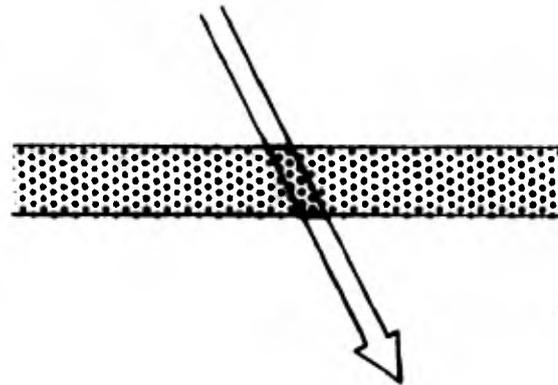
3.2.1 Radiación Absorbida: este efecto se da cuando un cuerpo absorbe la radiación que le llega, esto sucede en cuerpos conocidos como cuerpos negros.



3.2.2 Radiación Reflejada: este caso se observa cuando un cuerpo refleja la radiación que llega hasta él, como un espejo perfecto.

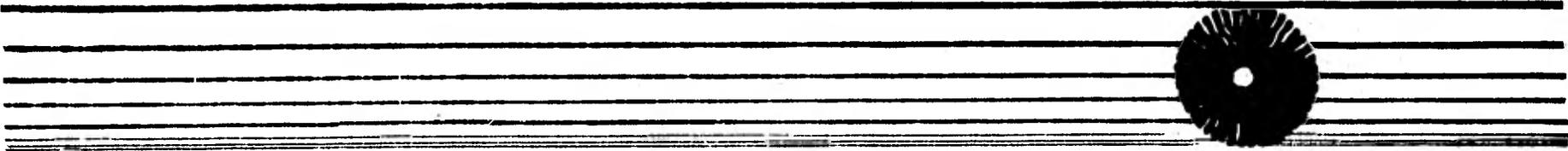


3.2.3 Radiación Transmitida: cuando la radiación que llega al cuerpo pasa libremente, este fenómeno se observa en cuerpos perfectamente transparentes.



En realidad encontramos que en un solo cuerpo se observan los 3 fenómenos, no existen cuerpos que presenten solamente uno de los fenómenos ya que todos absorben, reflejan y transmiten las radiaciones recibidas.

El prototipo experimental se colocará en la Ciudad de Xalapa, Ver., por lo que a continuación se dan los datos climatológicos de esta Ciudad, que se deben tomar en cuenta para el diseño de este producto.

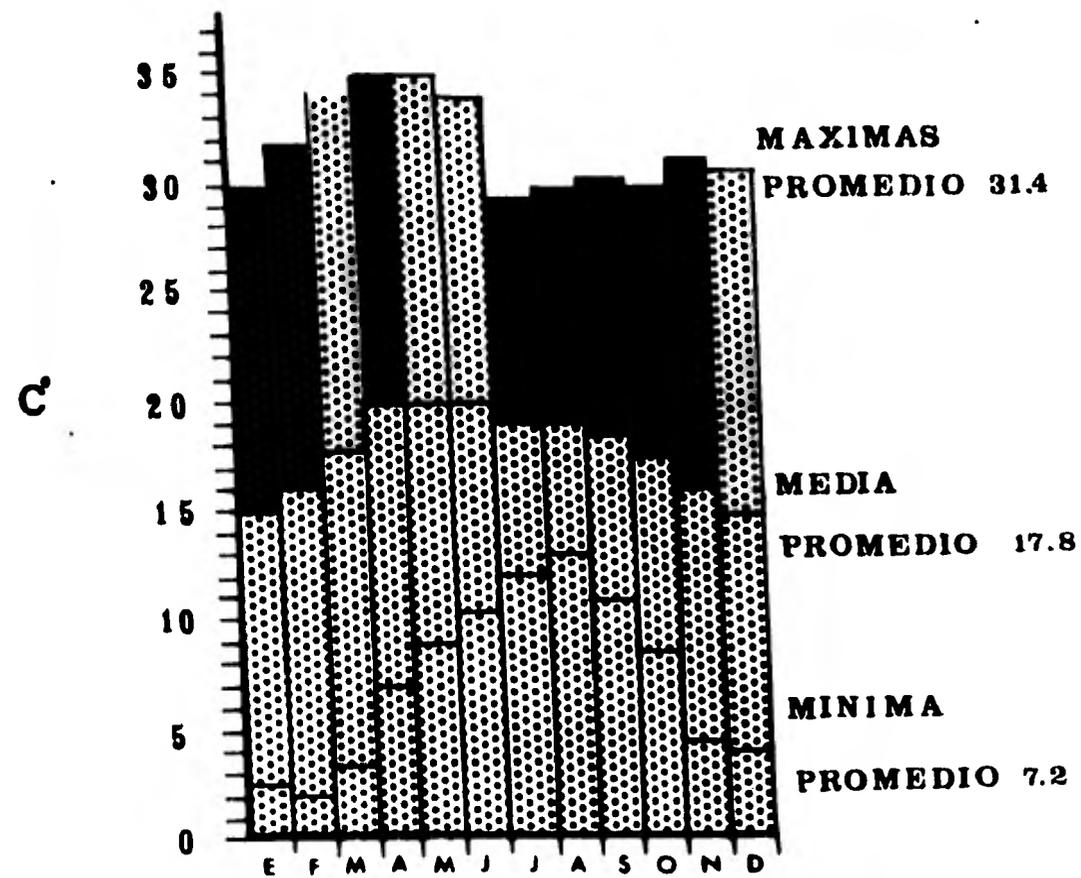


La Ciudad de Xalapa, Ver., se encuentra situada a una latitud norte de $19^{\circ}31'$ y una longitud oeste de $96^{\circ}, 55'$, a 1399 metros sobre el nivel del mar y con un clima de tipo templado húmedo.

En las gráficas siguientes se dan los datos de temperatura, precipitación, días con lluvia y humedad relativa.

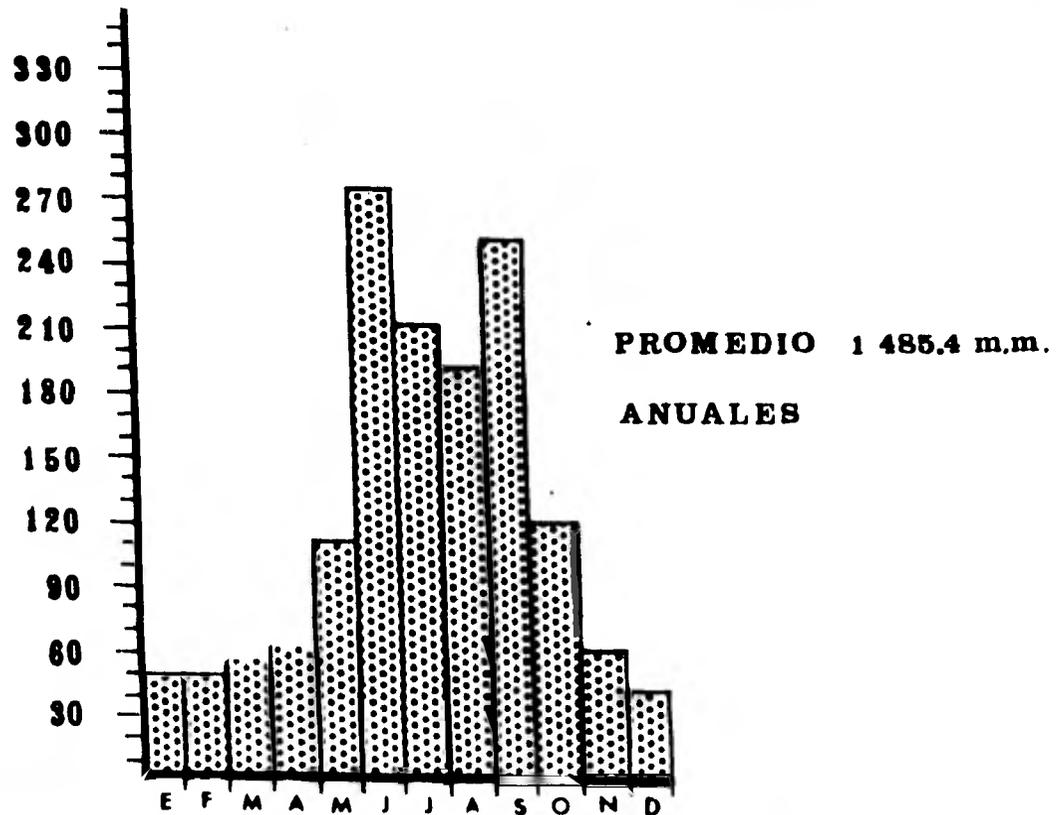


DISTRIBUCION ANUAL DE TEMPERATURAS EN XALAPA VER.



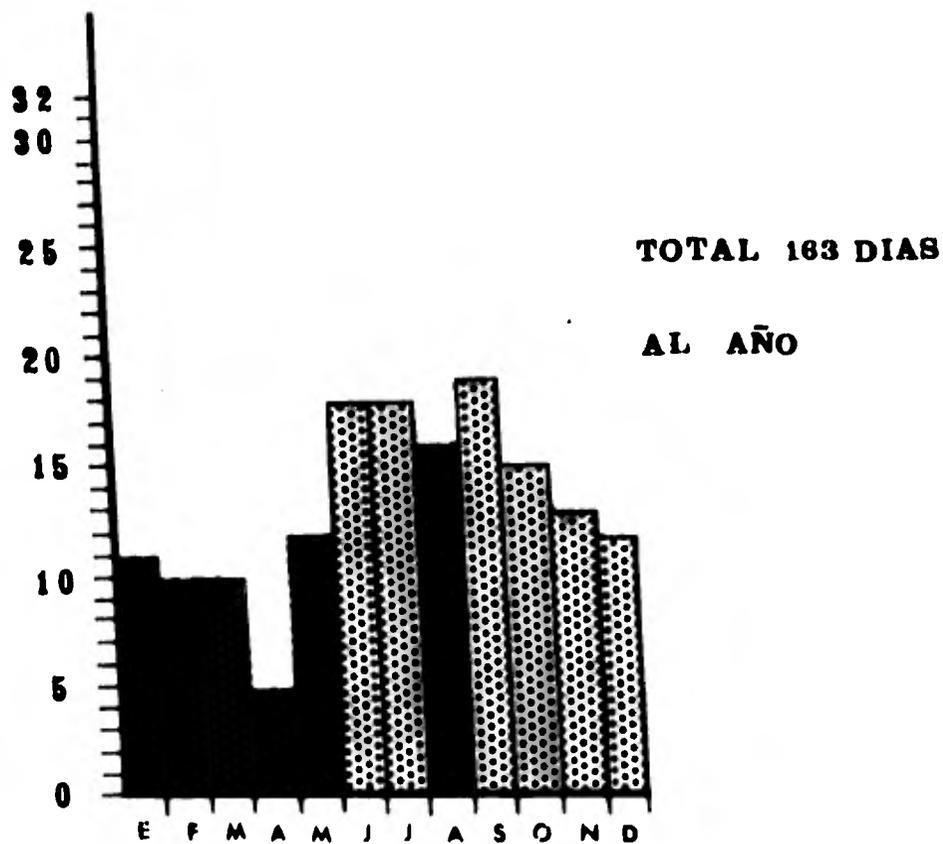


DISTRIBUCION ANUAL DEL TOTAL DE PRECIPITACION MENSUAL



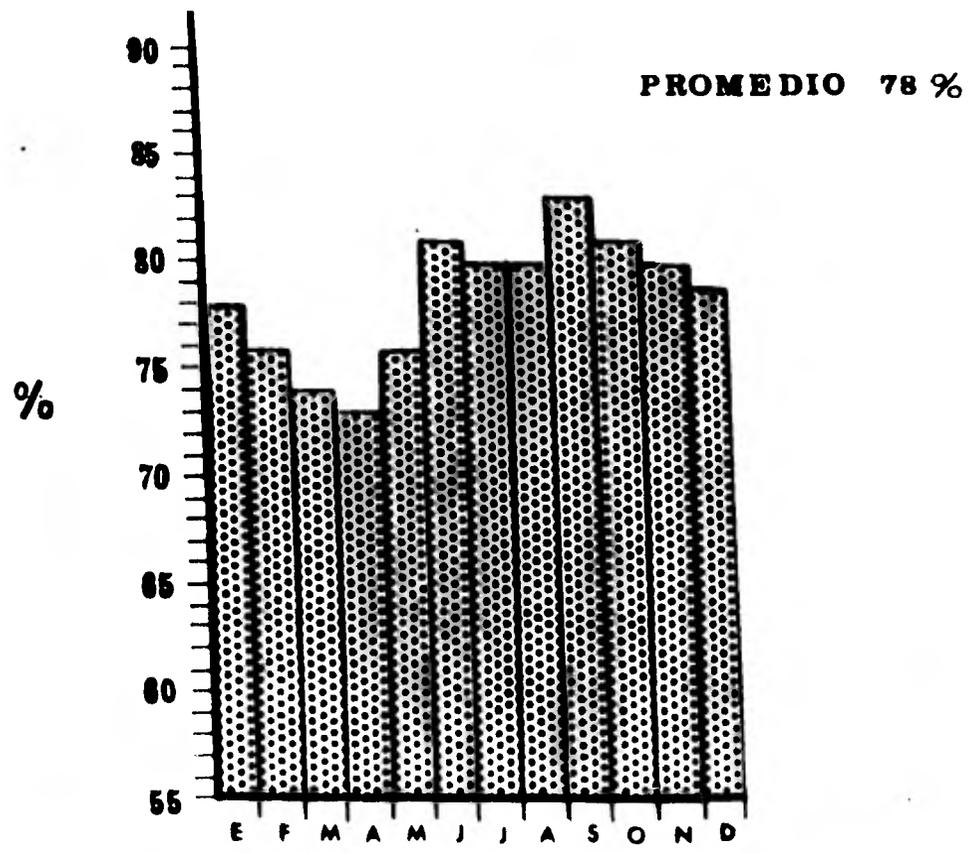


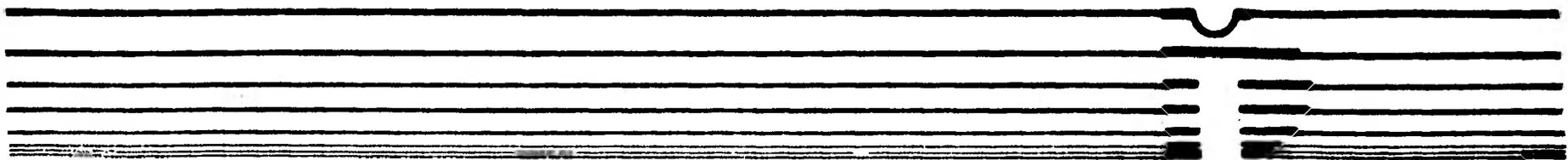
DIAS CON LLUVIA EN XALAPA VER.





DISTRIBUCION ANUAL DE LA HUMEDAD RELATIVA EN XALAPA VER.





4. LA SECADORA



El objetivo de este trabajo es diseñar una secadora solar para madera, que pueda ser un laboratorio de experimentación para desarrollar este tipo de productos en Mexico.

Como ya hemos visto, el problema de secado en México es grande, pues quienes no tienen la posibilidad de obtener una secadora comercial, o madera seca, la utilizan en condiciones de alto contenido de humedad, lo que causa problemas a sus productos terminados, esto lo podrían evitar si pudieran obtener una estufa de bajo costo, o si la pudieran fabricar por si mismos, una solución, es la secadora solar que tiene un precio inferior a las estufas convencionales existentes en el mercado y con resultados satisfactorios.

El diseño de esta secadora se basa en las condiciones climatológicas de la ciudad de Xalapa, Ver. ya que en este lugar se colocará el prototipo experimental, dentro de las instalaciones del Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera (LACITEMA), con el objeto de hacer un estudio de su funcionamiento, ya que para su elaboración se partió de supuestos de carácter teórico con la asesoría del departamento de energía solar del C.I.M. de la U.N.A.M., de la sección de secado del I.N.I.F. y del propio

LACITEMA.

Debido a las condiciones climatológicas de la ciudad, las que se pueden ver en el capítulo No.3, podemos garantizar, que al obtener buenos resultados bajo estas circunstancias, estos serán mejores en la mayoría de los estados de nuestro país.

4.1 Descripción

La secadora solar es un sistema cuya función es disminuir el contenido de humedad de la madera hasta los porcentajes deseados para su mejor utilización; usa como principal fuente de energía el sol.

Esta formada por un piso, dos paredes laterales cerradas, una pared con 2 ventanas, otra que tiene la puerta y un techo que está constituido por cuatro colectores solares. El alto mayor es de 2.90 mts. y el menor de 1.75 mts. un ancho 2.90 mts. y un largo de 3.20 mts. (ver plano No.1).

Los colectores se deben colocar con una inclinación igual a la latitud del lugar donde la secadora se instalará. Esto es lo que provoca que una de las paredes, la correspondiente a la puerta, sea más alta, para lograr una buena orientación esta pared debe colocarse con una orientación hacia el norte.

Poseé una capacidad de 1500 pies/tabla, por ser esta una cantidad apropiada para la pequeña y mediana industria en México.

Tiene la posibilidad de ser fabricada industrialmente y además tiene la ventaja de que puede ser construída por el propio usuario, tan sólo si este tiene los planos y especificaciones necesarios.

La forma de este producto se obtuvo como resultado de optimizar el espacio interior, ya que solo se dejó lugar para la madera a secar y el aire que circulará entre ella
(Fig. No.3)

4.2 Construcción

Para la construcción de este producto se siguió un criterio modular, teniendo así: un módulo de pared, este y oeste; de pared sur; de pared norte; de piso y un módulo de colector.

El colector está formado por un cajón de madera, con un enduelado en su base, una puerta lateral en uno de los extremos y 2 perforaciones en la parte inferior, una a cada extremo (Ver plano No.3). La madera es de 18mm de grueso, pudiendo utilizarse para la duela secciones cortas o desperdicios.

En el interior, a 9 cm. sobre el piso del colector, se coloca una lámina galvanizada ondulada calibre 28, montada sobre unas ranuras hechas en las caras laterales y pintada de negro mate para provocar el efecto del cuerpo negro, 3 cm. arriba de ésta se coloca un vidrio plano de 4m.m. de grueso, sobre un canal hecho en los cantos

de las caras, en ambos uniones se usa sellador de hule el cual absorbe las contracciones que pueda haber, ocasionadas por las condiciones ambientales a las que estan expuestas.

Los bastidores de las paredes este, oeste y del piso son fabricados con madera de 2" x 4" x 8' utilizando un enduelado de 18 m.m. para recubrir el lado exterior y plástico polietileno para el lado interior. El bastidor de la pared sur usa los mismos materiales pero además está provisto de 2 ventanas con una doble capa de vidrio (Ver. plano No.8), la estructura del bastidor de soporte de los colectores no tiene enduelado ni plástico, la pared norte sólo tiene un marco de madera de 2" x 4" x 8' recubierto de madera y plástico en la parte superior, pues en la parte inferior se coloca la puerta, para la que se usa madera de 1" con poliuretano en su interior y polietileno por ambos lados; esto es con el objeto de aligerar su peso y garantizar aislamiento térmico, muy necesario por ser la puerta y la pared más fría al no tener incidencia de los rayos solares. En el interior lleva un bastidor pequeño apoyado en la cara norte y el techo, fabricado con madera de 1", forrado con

polietileno por ambas caras, el cual sirve de soporte a los ventiladores, además, tiene otra estructura similar, unida al techo entre la salida del aire y la pila de madera (Ver plano No.7)

Para el armado de colectores y bastidores se utilizan clavos galvanizados para evitar posibles corrosiones.

La madera es tratada contra deterioros, con una solución hecha a base de: pentacloro-fenol, contra ataque de hongos; clordano, contra insectos; cera, para el agua; thiner y diesel, como vehículos; y aceite de linaza como fijador. Este tipo de preservador se debe aplicar por inmersión, garantizando con esto una vida útil mínima de 10 años.

Para la armada final, se llevan las piezas antes descritas al sitio donde se coloca uniéndolas a base de tornillos con lo que se logra un rápido y eficiente armado,

toda la estructura se coloca sobre una base de piedra, acomodada y nivelada pero ésta puede ser substituída por cualquier otro material de cimentación.

La mínima maquinaria para la fabricación de la secadora es una canteadora, un cepillo y una sierra circular, que en cualquier taller de mediano tamaño existen

4.3 Funcionamiento

Para bajar el contenido de humedad de la madera, en el interior de la secadora se hace circular aire caliente por la pila de madera. El calentamiento se efectúa por medio de los colectores en los que al cruzar los rayos solares el vidrio chocan con la superficie negra y son absorbidos por esta, calentándola. Este calor posteriormente es transmitido al aire que circula por debajo de ésta, entre la lámina y la base del colector. Este tipo de captador difícilmente rebasa los 70°C. Posteriormente el aire es extraído mediante 2 ventiladores, que lo hacen pasar por la madera. La temperatura alcanzada depende del mes, el día, la hora y el lugar en que esté funcionando la

secadora. Para controlar la humedad relativa se emplean las ventanas de la pared sur, esto es, si hay más humedad de la necesaria se abrirán totalmente para renovar la mayor cantidad de aire y así disminuirla pero, cuando se mantienen cerradas, el aire es pasado nuevamente al colector hasta que se satura. El recorrido del aire se puede ver en la Fig. No. 3). Las lecturas de temperatura y humedad relativa se hacen mediante 2 psicrómetros, colocados uno a la entrada de aire caliente y otro a la salida.

El aire circula a una velocidad de 1.5 m/seg. siendo esta uniforme durante el proceso. Debido a las bajas temperaturas que se obtienen en el interior, la madera sufre un menor número de defectos, además tiene el período nocturno para uniformizar su contenido de humedad.

4.4 Materiales

Los materiales usados para la elaboración de la secadora son:

Madera:

La gran mayoría de este producto es fabricado con madera ya que sus clientes potenciales, si no son poseedores de este material; al menos están muy familiarizados con él y lo saben transformar. Esto, el bajo coeficiente de transmisión de calor y la posibilidad de emplear maquinaria y tecnología sencillas, fueron los principales factores por lo que se escogió para fabricar la secadora.

Vidrio:

Se usa vidrio plano de 4 m.m. para los colectores por ser capaz de producir el efecto invernadero; por su resistencia a las condiciones a que está expuesta, por tener una vida útil mayor de 10 años; y por su facilidad de utilización y adquisición.

Lámina galvanizada:

Se utiliza lámina galvanizada cal. 28 como captador en los colectores, ya que tiene

una aceptable conductividad térmica, es económica comparada con el cobre y aluminio, es fácil de utilizar y de adquirir comercialmente.

Poliétileno:

Se usa por ser fácil de instalar, pues, solo requiere una engrapadora y su costo es muy bajo; este al ser colocado en una de las caras del bastidor de madera genera una capa de aire, que sirve como aislante entre las condiciones internas y del medio ambiente.

Poliuretano

Este material se usa en dos diferentes densidades, una en forma de placas para aislar y formar la puerta y la otra como tiras más flexibles para sellar uniones, tiene baja conductividad térmica comparada con poliestireno, fibra de vidrio, lana

mineral y henequén.

Sellador de hule

Se usa sellador de hule dow corning, pues aparte de funcionar como aislante puede absorber las contracciones que se originan entre los materiales, además su aplicación es muy sencilla.

Material anticorrosivo

Se utilizan clavos galvanizados para evitar degradaciones en la madera y garantizarle mayor tiempo de vida, también se usan bisagras latonadas con el mismo fin.

4.5 Uso y operación

El primer paso en el manejo de la estufa es el apilar manualmente la madera en su interior colocando capas sucesivas de cuatro tablas de 1" x 2" x 10' hasta haber



colocado 150 tablas, poniendo separadores entre las capas de 1/2" de grueso y cuidando que estos queden alineados. Después se debe colocar el desviador de aire sobre la pila de madera, para asegurar una buena circulación de aire. Entonces se cierra la estufa, se checa si las ventanas de la pared sur y las puertitas de los colectores están en la posición adecuada y se echan a andar los ventiladores empezando el proceso de secado.

Diariamente se debe medir la humedad relativa y la temperatura con los psicrómetros. Para abrir y cerrar la puerta se jala hasta unir las 2 partes que la forman y fijarlas en la parte superior (Fig. No.1).

Sólo es necesario una persona para operar la secadora, en todas las etapas del secado.

4.6. Experimento.

A continuación se explica la secuencia que llevará el experimento, cuando la secadora este instalada.

Objetivos.-

Desarrollar una secuela de secado en estufa solar para madera de pino de 1 x 12 x 120 pulgadas controlando las variables: velocidad del aire, temperatura del aire y humedad relativa y comprobar el funcionamiento de la estufa solar, para determinar el rango de temperaturas que debe controlar un termostato que se adaptara a los ventiladores.

Material.-

1 estufa solar con capacidad para 1500 pies/tablas en dimensiones 1" x 12" x 120" pulgadas.

1 Termostato.

2 ventiladores con velocidad de 1.5 m/seg.

2 termómetros

1 Higrómetro

3 Psicrómetros

1 Termohidrógrafo

1500 pies/tabla de 1 x 12 x 120 pulgadas en condición verde

Problema.-

¿Cuál es el rango de temperaturas a que debe de funcionar el termostato?

Metodología.-

1. El experimento se realizará con una carga de 1500 pies tabla.

2. Colocar el material de las siguiente manera:

- a) Un psicrómetro de pared cerca de las ventanas de entrada de aire al colector.
- b) Un termómetro en la parte media de uno de los colectores.
- c) Un termómetro en la perforación de salida de aire caliente en el colector.
- d) Un psicrómetro en una pared antes de que pase el aire por la pila
- e) Un psicrómetro en la pared opuesta después de que el aire pase por la pila
- f) Un ternohidrográfo arriba de la pila.

3. Del lote de 150 tablas de 120" de largo para emplearse en la primera carga elegir al azar 10 tablas; sacarles por medio del hidrómetro su contenido de humedad y sacar el promedio.

4. De las 10 tablas elegidas al azar, tomar de nueva cuenta dos y el resto regresarias al conjunto; a estas hacerles una sección de la parte central de 5 cm. pesarias y luego ponerlas a secar en estufa para obtener su peso anhidro.

5. Cada pieza se:

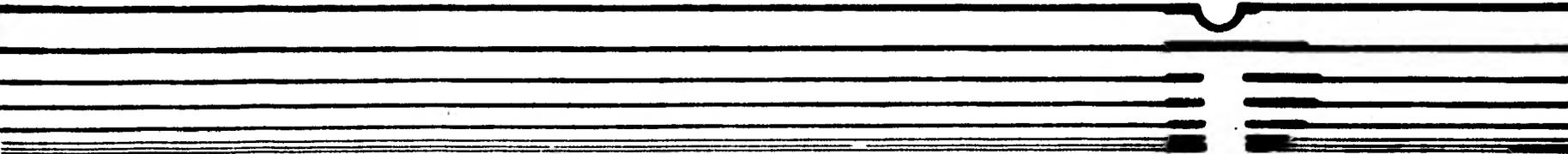
Denota con un par de números, se sortean mediante una tabla de números aleatorios ocho lugares. A los cuales las piezas que sean colocadas en esas posiciones se pesaran antes de armar la pila y se pesaran periódicamente una vez cada día antes de que empiece el período de insolación.

6. Antes de estibar se señalaran con marcador en cada tabla los defectos existentes antes del secado como son rajaduras, alabeos, etc.

7. Una vez hecha la estiba se le colocará peso encima, se calibrará el termohidrógrafo y se cerrara la estufa.

8. Diariamente se tomarán los siguientes registros:

a) Peso de las tablas muestra

- 
- b) Hoja de registro del termohidrógrafo
 - c) Contenido de humedad de las muestras.

y con especial énfasis durante y antes de las horas de mayor insolación

- d) Registros de termómetros
- e) Registros de psicrómetros.

9. La prueba de secado se considera a su fin cuando las muestras alcanzan un peso constante.

10. Una vez terminada la prueba obtener muestras de las tablas como se indica en el inciso 4 y sacar su contenido de humedad.

11. Hacer gráficas de la prueba de secado.

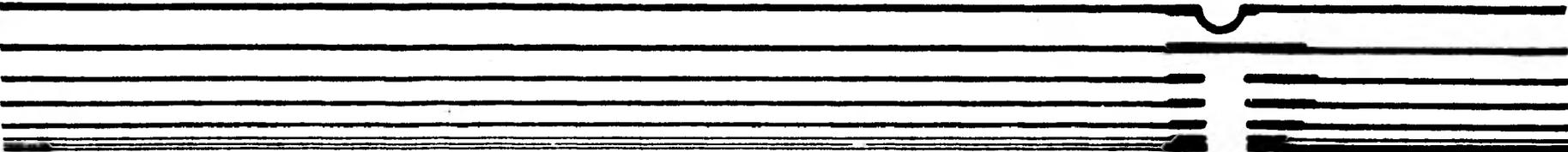
4.7 Costos directos (Mayo 1981)

	Materiales	Mano de obra	Insumos	Total
Pared norte	2 247.36	2 247.36	150.00	4 644.32
Pared sur	4 180.64	4 180.64	250.00	8 611.28
Paredes este y oeste	7 904.00	7 352.30	500.00	15 729.30
Colectores	12 000.00	6 500.00	700.00	19 200.00
Piso	4 703.85	3 527.89	200.00	8 431.74
Soporte de colectores	2 528.00	2 528.00	400.00	5 456.00
Instalacion electronica	11 000.00	400.00	_____	11 400.00
Herrajes	850.00	500.00	_____	1 350.00
Armado final	500.00	1 500.00	_____	2 000.00
	<u>45 931.85</u>	<u>28 736.19</u>	<u>2 200.00</u>	<u>76 822.64</u>

4.8 Conclusiones

El diseño de una secadora solar para madera es de gran importancia en nuestro medio desde muchos puntos de vista entre los que resaltan; el que es una alternativa económica al problema de secado para las industrias que hacen uso de la madera, lo que les permitirá tener materia prima de buena calidad y así obtener productos terminados de excelente calidad.

El diseño está basado en el uso de materiales sencillos y de fácil adquisición en nuestro mercado, la maquinaria y herramienta empleadas también son sencillas por lo que la fabricación y utilización de este tipo de secadora está al alcance de cualquier tipo de industria (pequeña o mediana). Para obtener una secuela óptima de secado no hacen falta más que mínimos conocimientos de la madera, su proceso de secado y las condiciones climáticas del lugar donde se empleara la estufa; esto es otra de las ventajas del diseño. Además solo es necesaria una pequeña inversión para el mantenimiento. El bajo costo de inversión y operación, en comparación con otros



sistemas de secado existentes en operación lo hacen grandemente rentable.

Dentro de la actual crisis de hidrocarburos el diseño y empleo de secadoras solares representa un adelanto considerable.

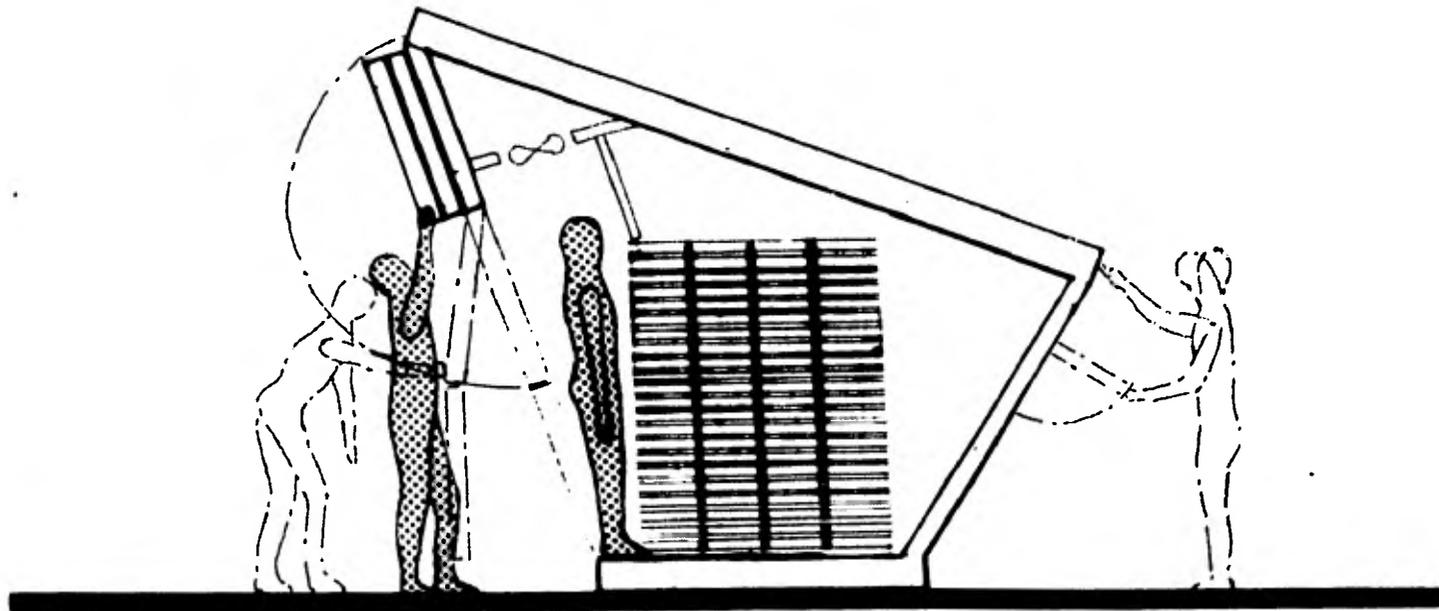


FIGURA N°1

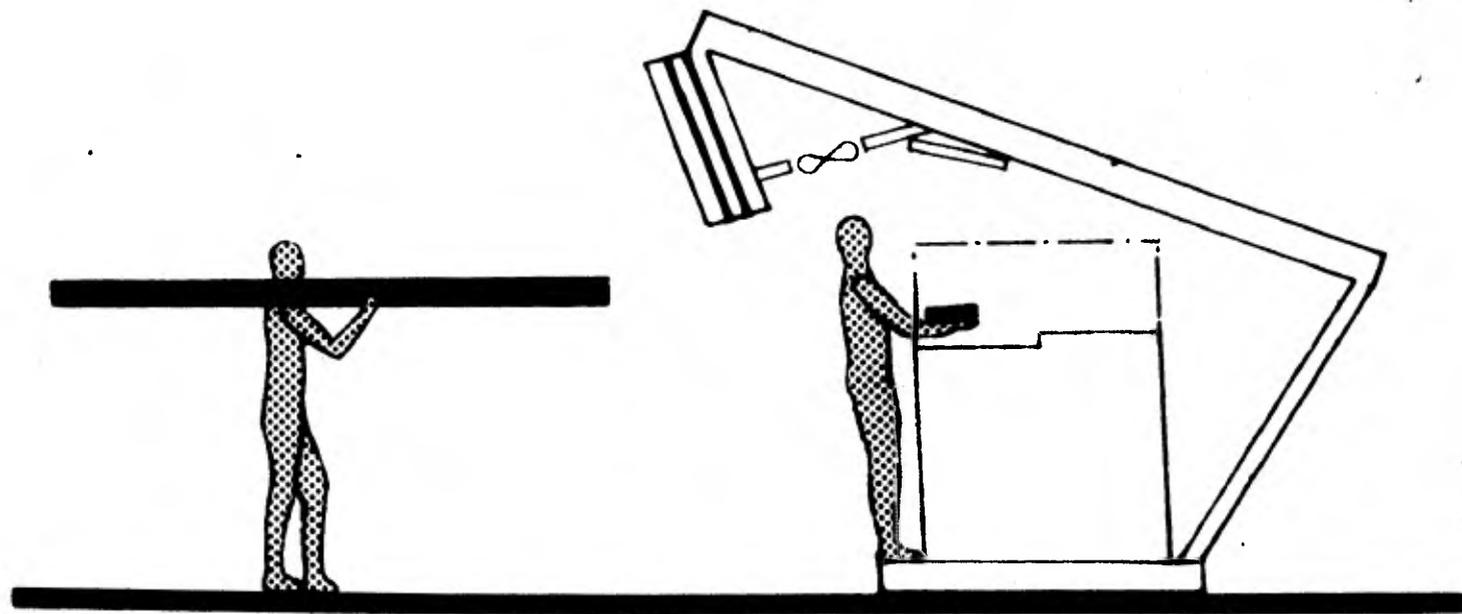
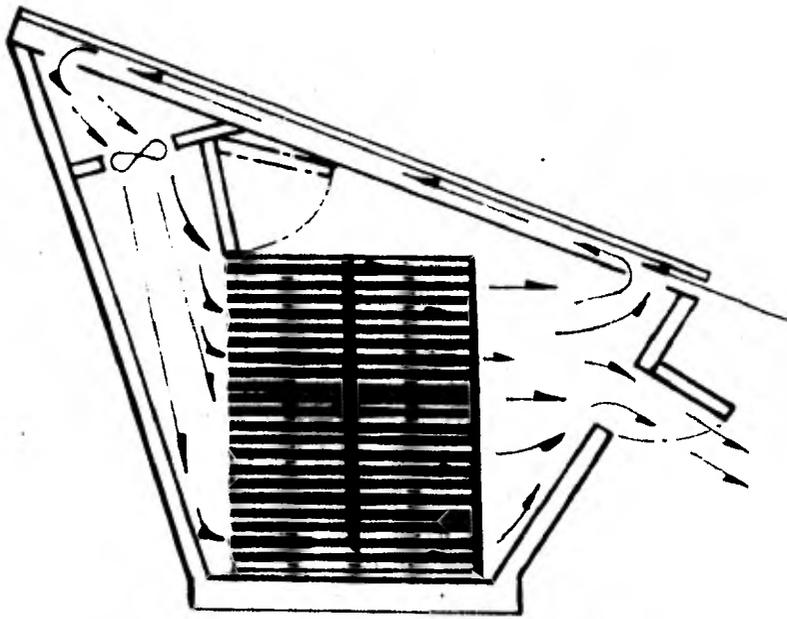
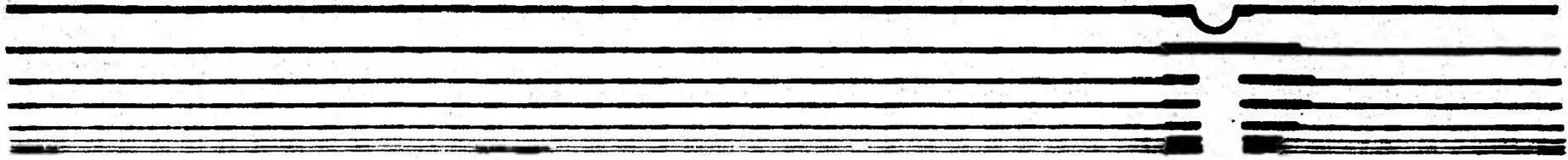
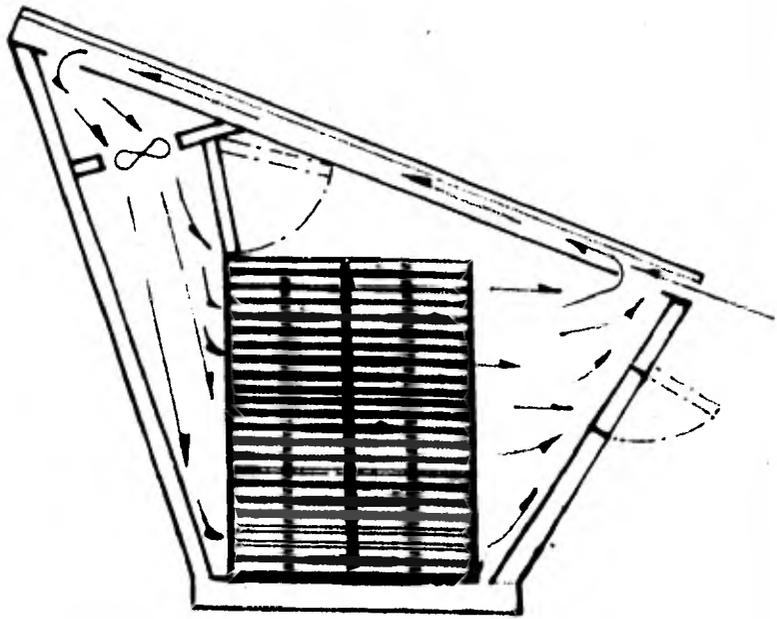


FIGURA N°2

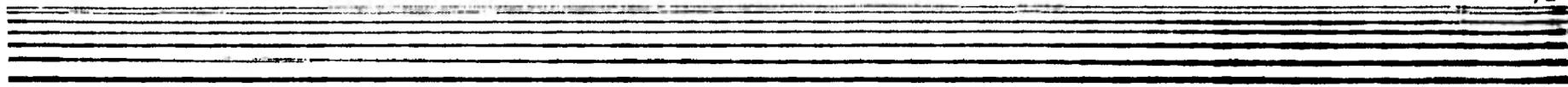


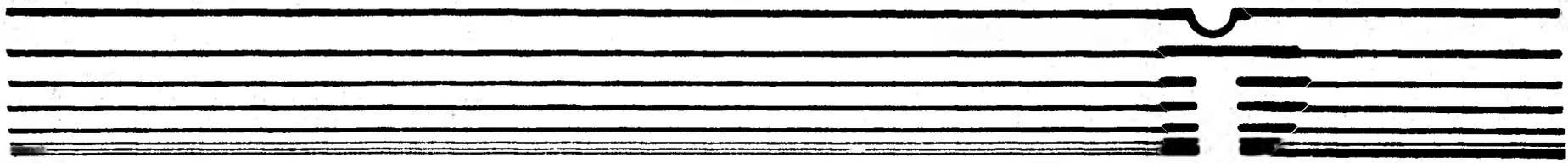
a



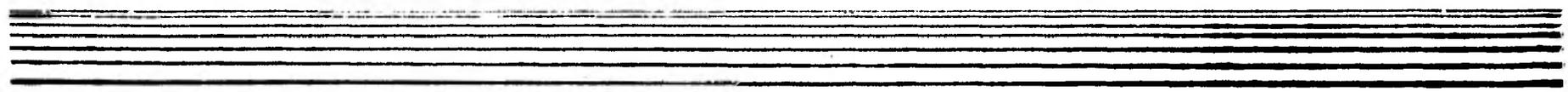
b

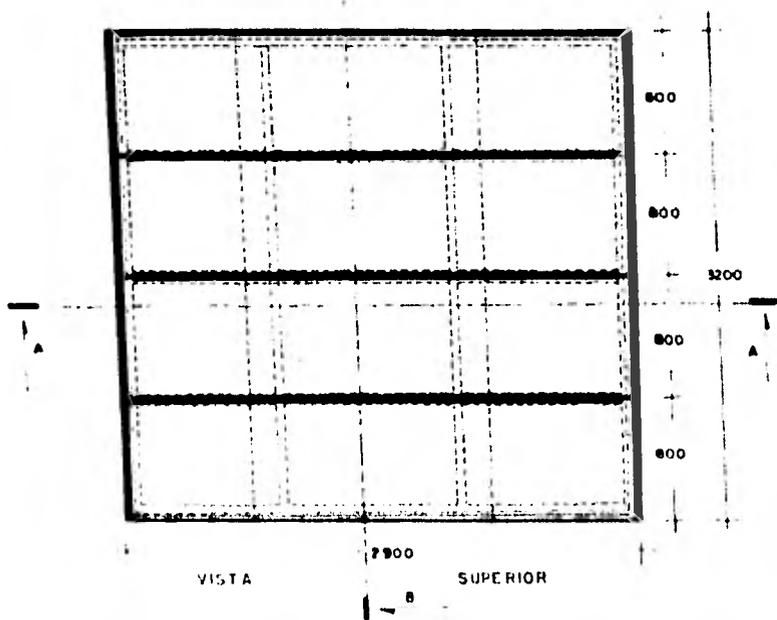
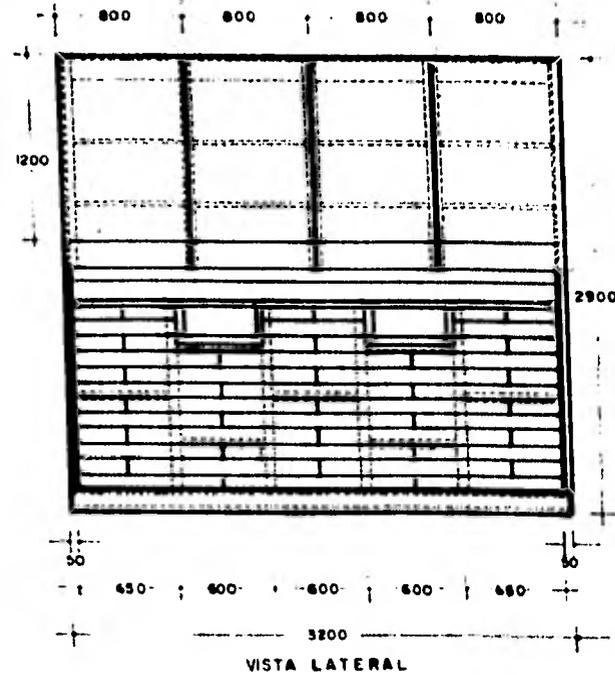
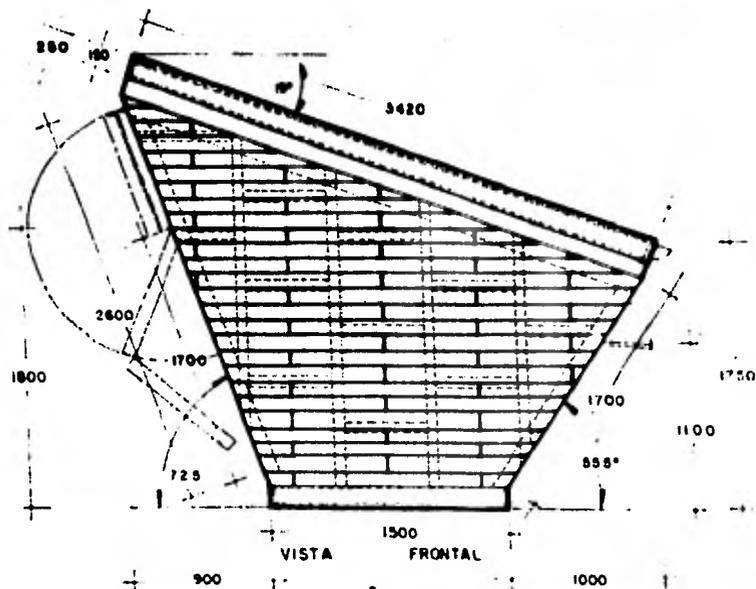
FIGURA N°3



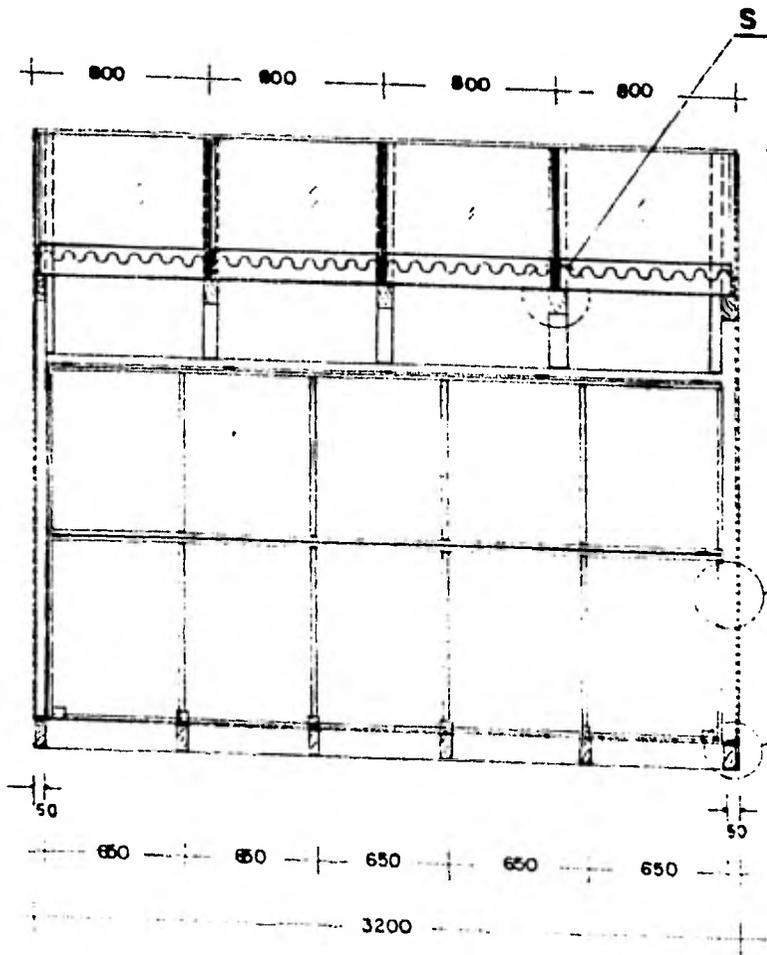


PLANOS

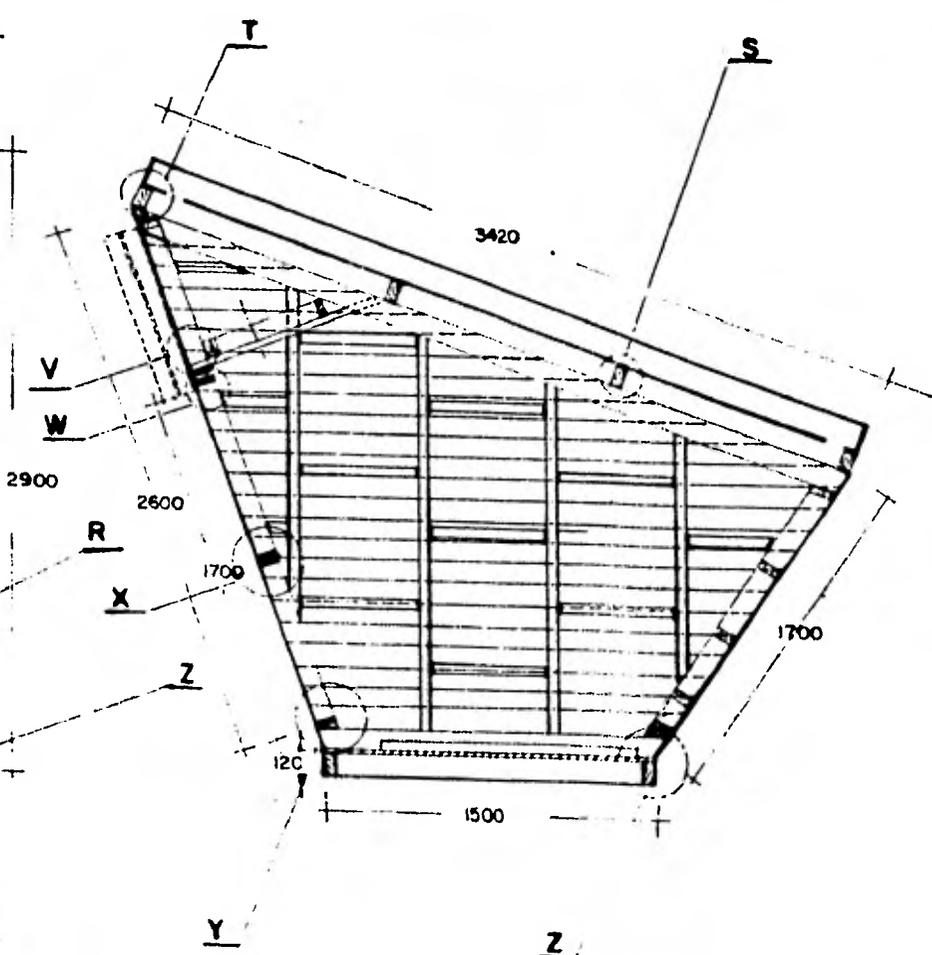




ESC 1:20 COT MM	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
	SECADORA SOLAR VISTAS GENERALES	
E. M. PINILLOS C.	O. C. REYNOSO C.	TI. 515
MAYO 81	REV	APR
		A-2 / 1

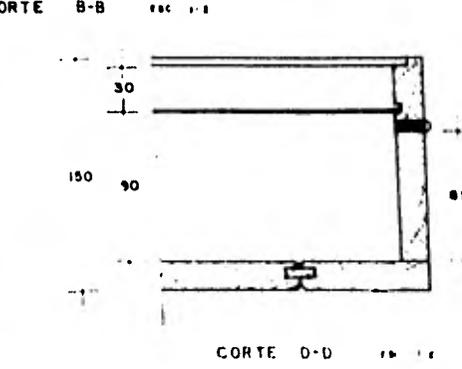
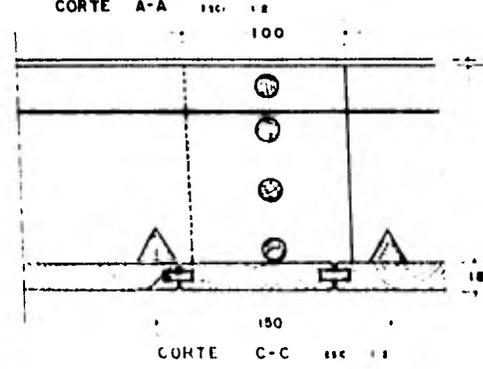
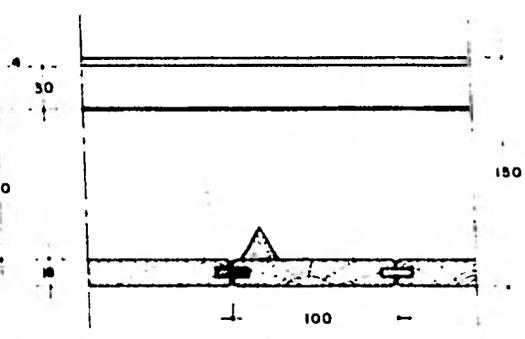
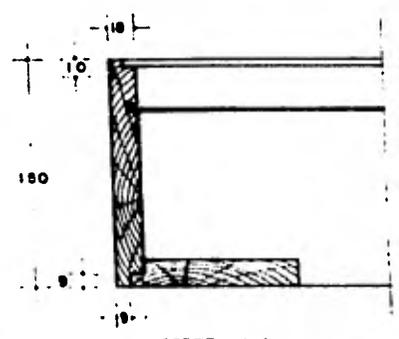
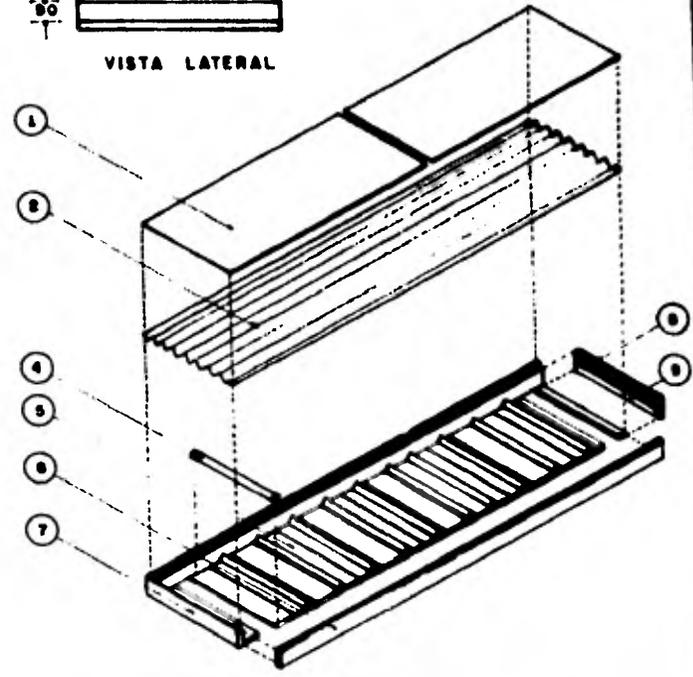
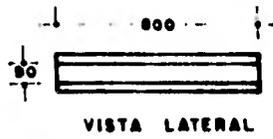
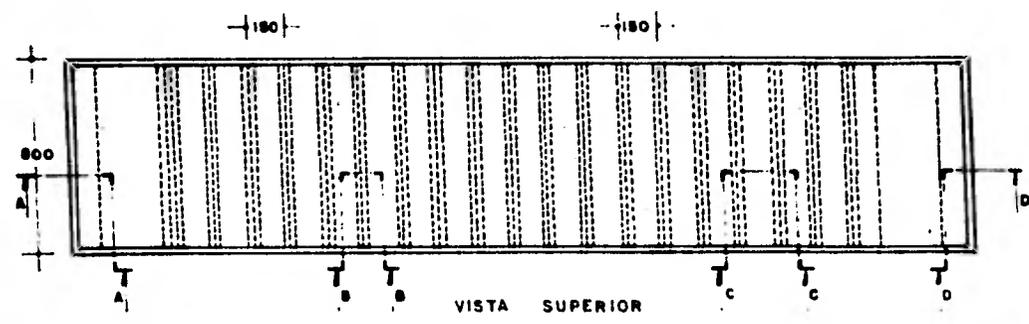
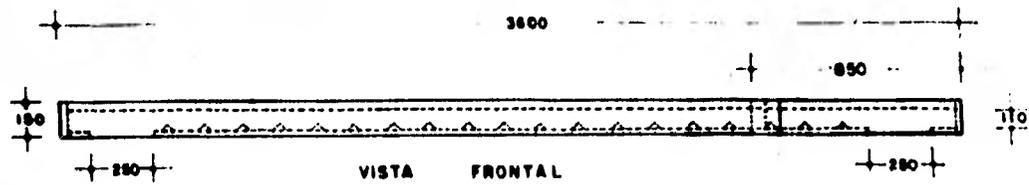


CORTE BB



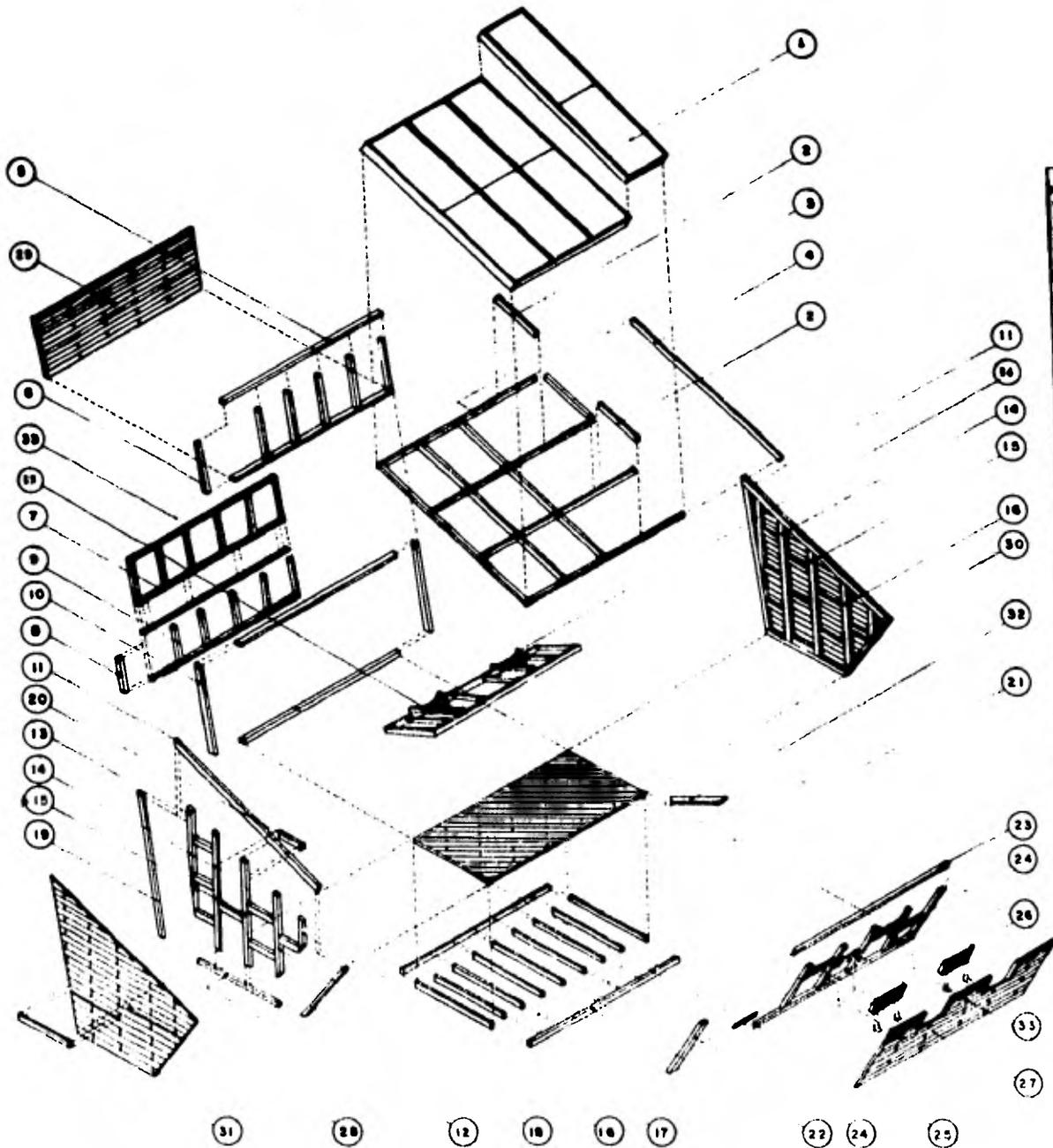
CORTE A-A

esc 1:20 col mm	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		
	SECADORA SOLAR CORTES		
O.C. REYNOSO C.	E.M. PINILLOS C.	TESIS	A-3 / 2
MAYO 81	Rev	Apro	



Nº	DESCRIPCION	MATERIAL	PROCESO	ACABADO	1
6	VENTILA	" " "	" " "	" " "	1
8	TAPA-DEPORTE DE VENTILA	" " "	" " "	" " "	1
7	TAPA LATERAL	" " "	" " "	" " "	1
2	TAPA FRONTAL	" " "	" " "	" " "	2
3	DUELA PARA LA BASE DEL COLECTOR	MADERA DE PINO	CONTRAZADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN LACAS	11
4	OBSTACULO COBERTORES DE TUBO-LEREA	MADERA DE PINO	CONTRAZADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN LACAS	10
1	SUPERFICIE ABSORBENTE	LAMINA SALVANTAZADA CAL 20	CORTAR A MEDIDA	LIJAR Y PUNTEAR	1
5	CUBIERTA DE COLECTOR	VIDRIO PLANO DE 2.500	CORTAR A MEDIDA	REMOVIA	2
Nº	DESCRIPCION	MATERIAL	PROCESO	ACABADO	1

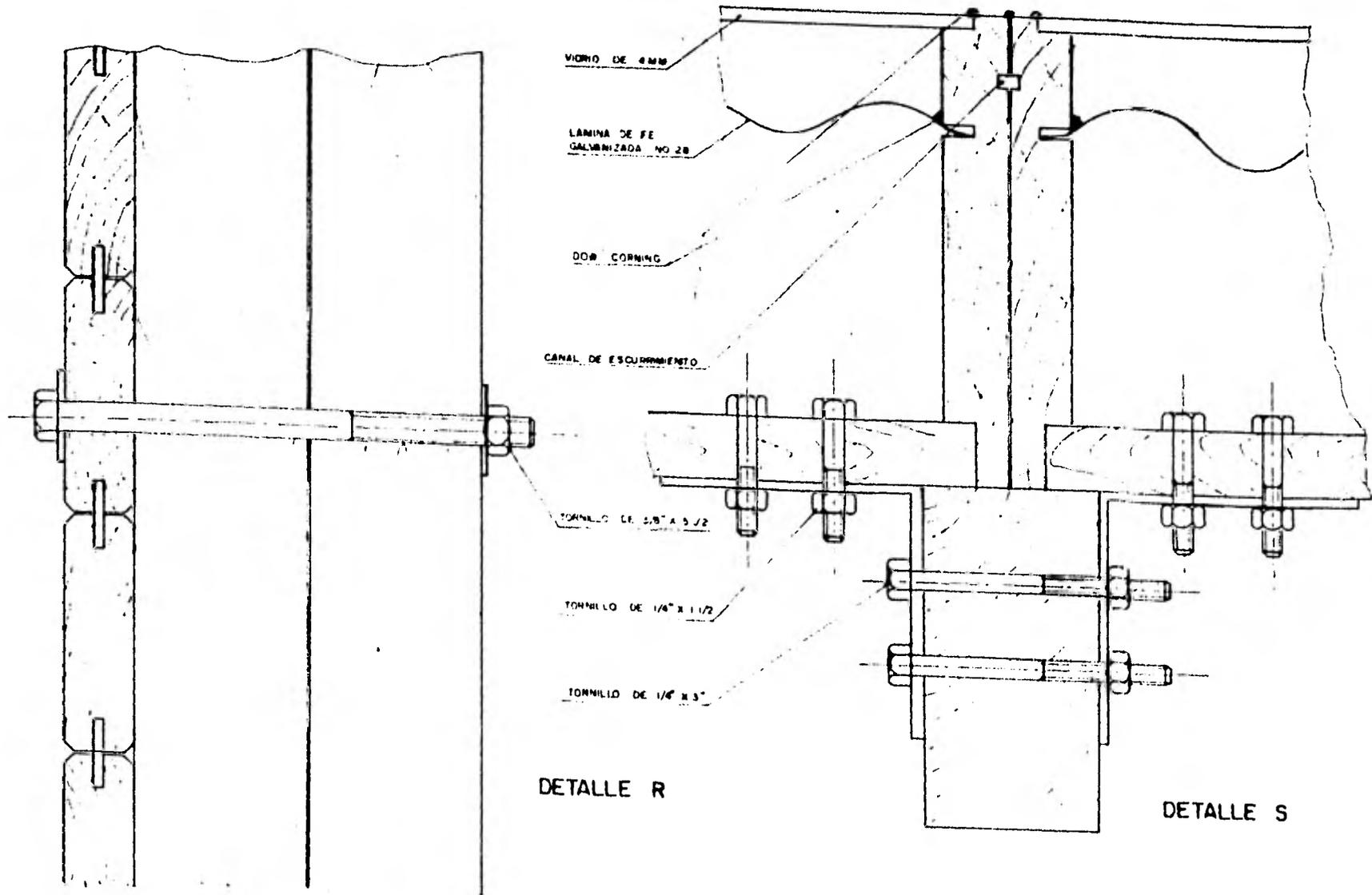
ESC. COG. MM. CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM
 COLECTOR SOLAR VISTAS, CORTE Y PERSPECTIVA DE DESPIECE
 O.C. REYNOSO C. E.M. FERRILLOS C. MAYO 81 REV. APR. A-2 / 3



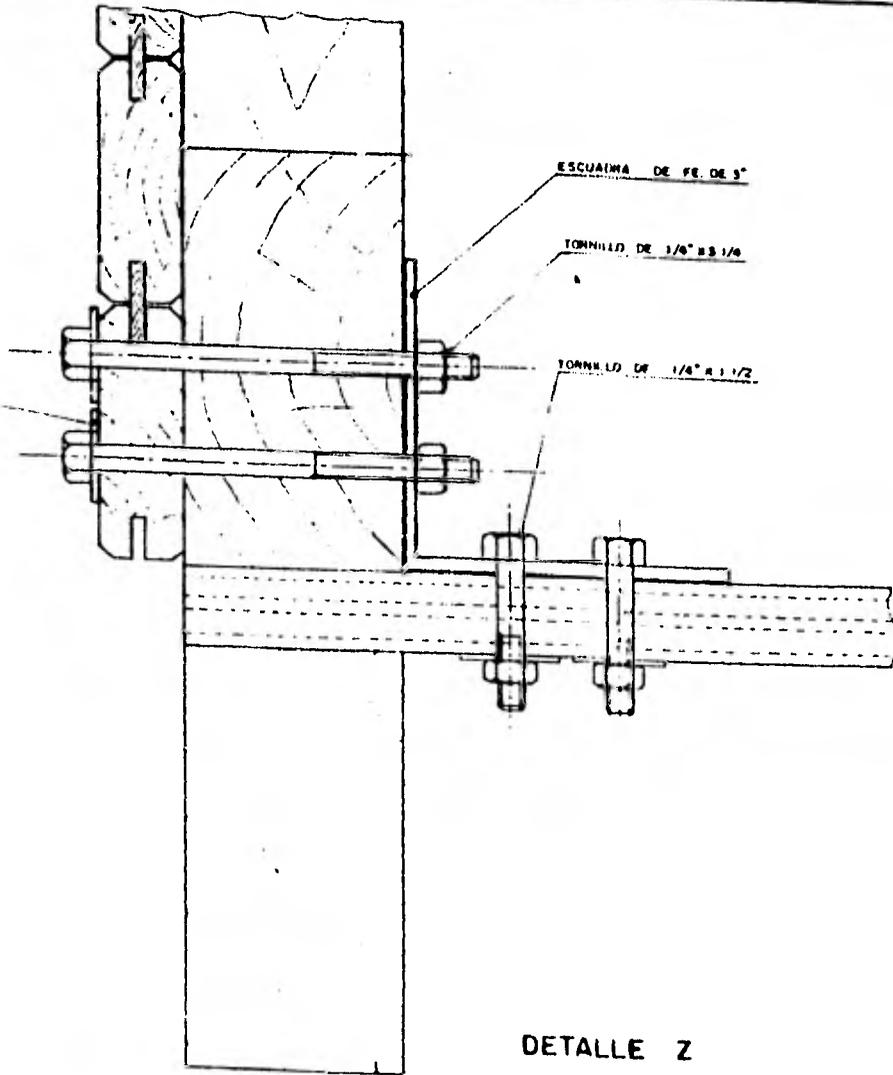
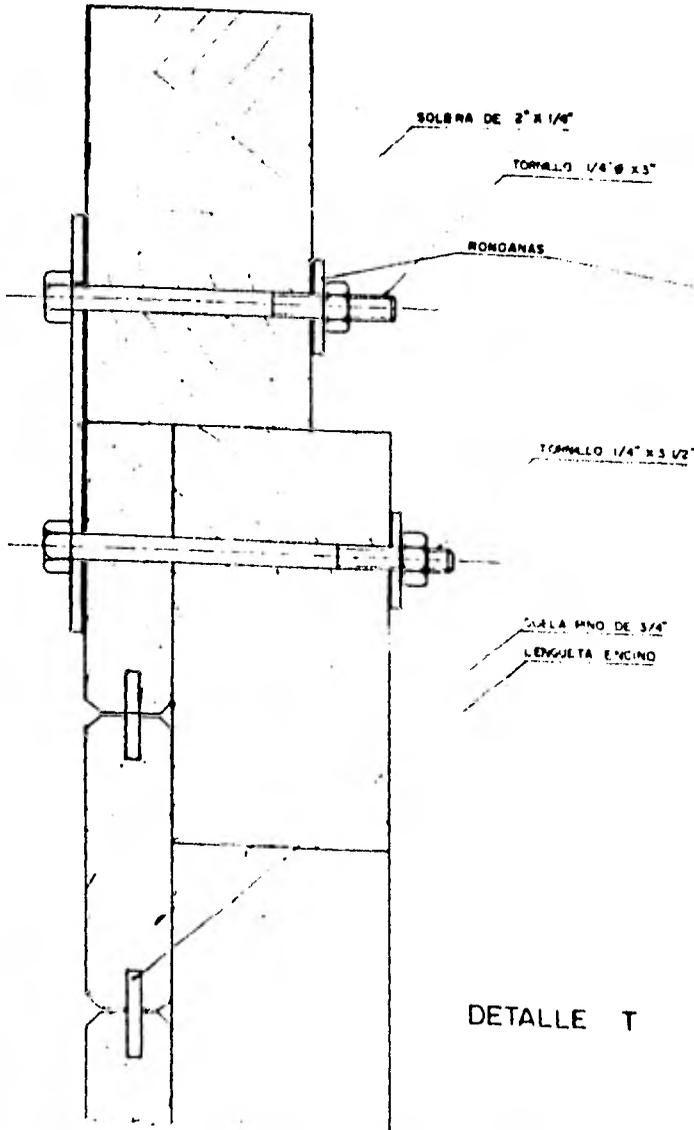
Nº	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	MATERIALES	PROCESO	ACABADO	1
1	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
2	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
3	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
4	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
5	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
6	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
7	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
8	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
9	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
10	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
11	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
12	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
13	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
14	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
15	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
16	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
17	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
18	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
19	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
20	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
21	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
22	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
23	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
24	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
25	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
26	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
27	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
28	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
29	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
30	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
31	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
32	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
33	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
34	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1
35	PARTE DEL MARCO DE LA PUERTA	MADERA DE PINO	MAQUINADO EN CARPINTERIA	ACABADO EN PINTURA	1

ESC 130
 DECADORA SOLAR
 PERSPECTIVA DE DESPIECE
 E. M. PINO LOS C. O. C. REYNOSO C.
 MAYO '81

CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM
 SOLAR DESPIECE
 A-2 / 4



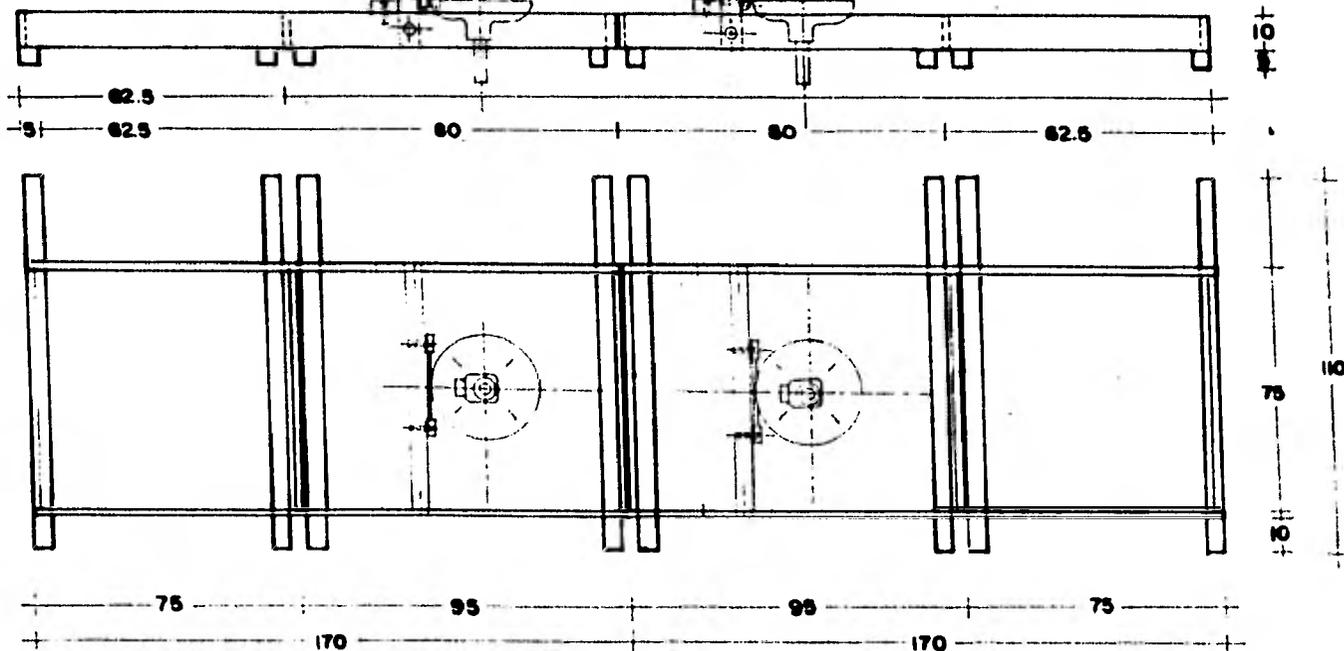
esc 1:1 col mm	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		
	UNION DE COLECTOR-TECHO/Y BASTIDORES		
E. M. PINILLOS / O. C. REYNOSO G.		TESIS	A-3 / 5
MAYO 81	Rev	Apro	



esc 11	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM	
cot mm.	UNIONES DE BASTIDORES PISO PARED TECHO	
O.C. REYNOSO C.	E.M. PINILLOS C.	TESIS
MAYO 81	rev	apra
		A-3 / 6

VENTILADOR ABME
 MODELO CER-100

MOTOR
 127 V 60 Hrs
 401-2-7-16 cc
 1300 rpm



MADERA DE 2" X 4" PINO

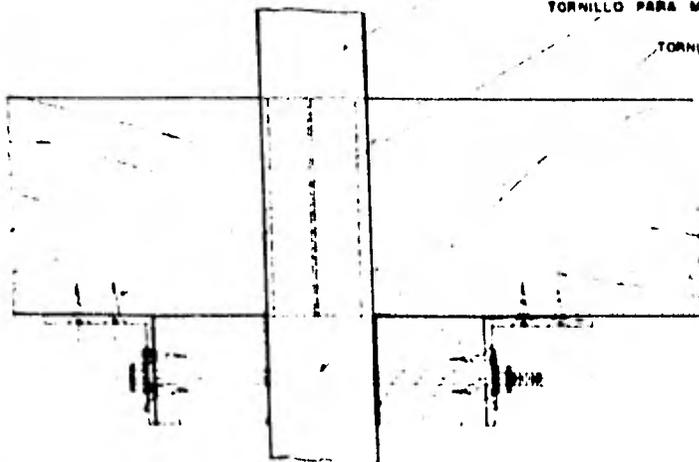
TORNILLO PARA MADERA DE 1/4" X 1 1/2"

TORNILLO DE 3/8" X 1"

ESCUADRA DE 2"

MADERA DE 1 X 4"

DETALLE V



esc 1-125 col mm	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		
	BASTIDORES DE SOPORTE DE MOTORES		
E.M. PINILLOS C.	O.C. REYNOSO C.	TESIS	A-3 / 7
MAYO 81	gpro	rev	

TORNILLO PARA MADERA DE 1/4" X 1/2"

TAQUETE DE ENCINO

MADERA DE PINO

SOLERA DE FE.

BARRA DE FE. 1/4"

SOLERA DE FE. DE 1/2" X 1"

DESBALON DE 1/40"

BISAGRA DE LIBRO LATONADA DE 1"

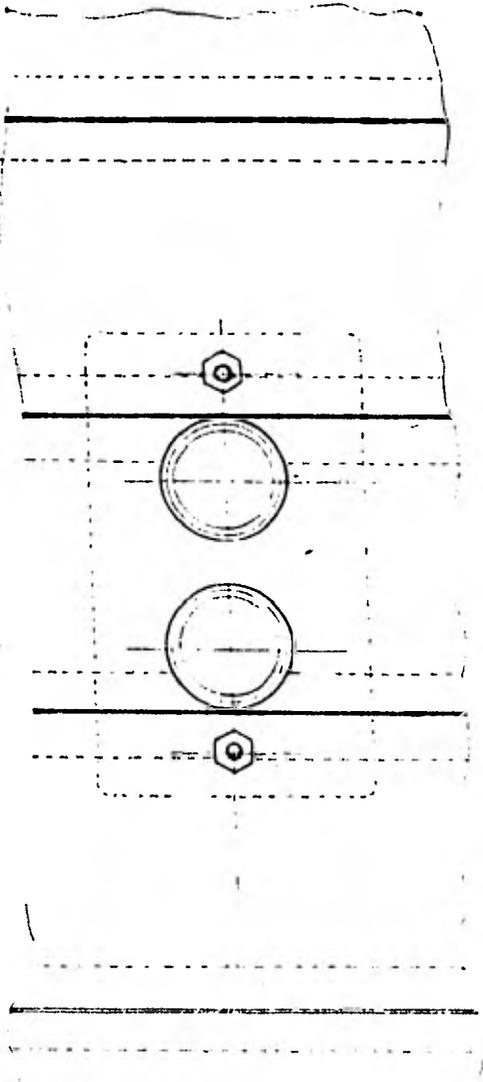
TORNILLO PARA MADERA DE 1/4" X 3/4"

TORNILLO PARA MADERA DE 1/4" X 1/2"

BANIJAS DE PINO

BISAGRA TIPO LIBRO LATONADA DE 1"

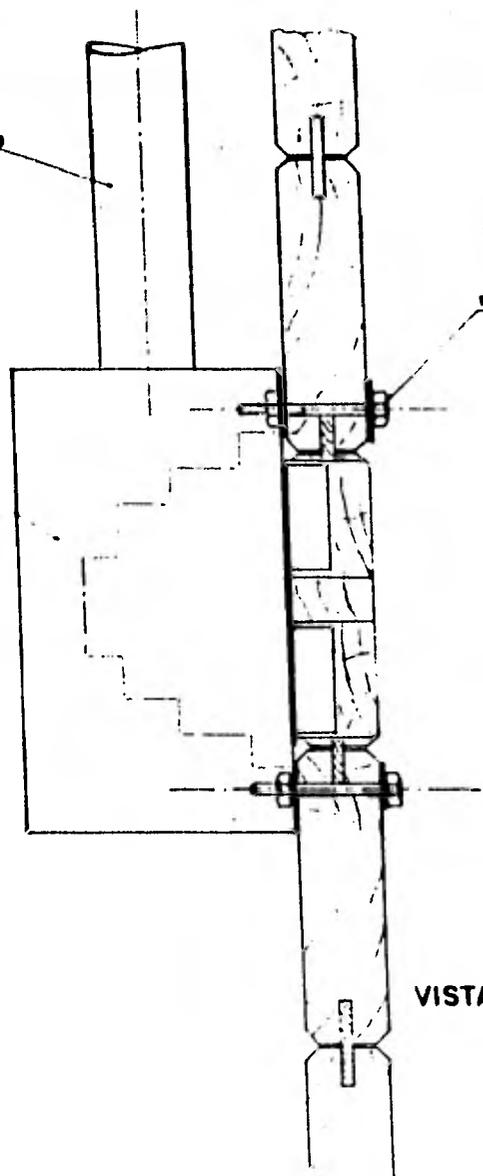
esc 1:1	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		
	DETALLE DE VENTANAS DE PARED SUR Y PUERTITAS DE COLECTORES		
E.M. PINILLOS C. / O.C. REYNOSO C.	TESIS		
MAYO 81	Rev.	Apro	A-3/8



VISTA FRONTAL

TUBO CONDUIT DE 3/4" Ø

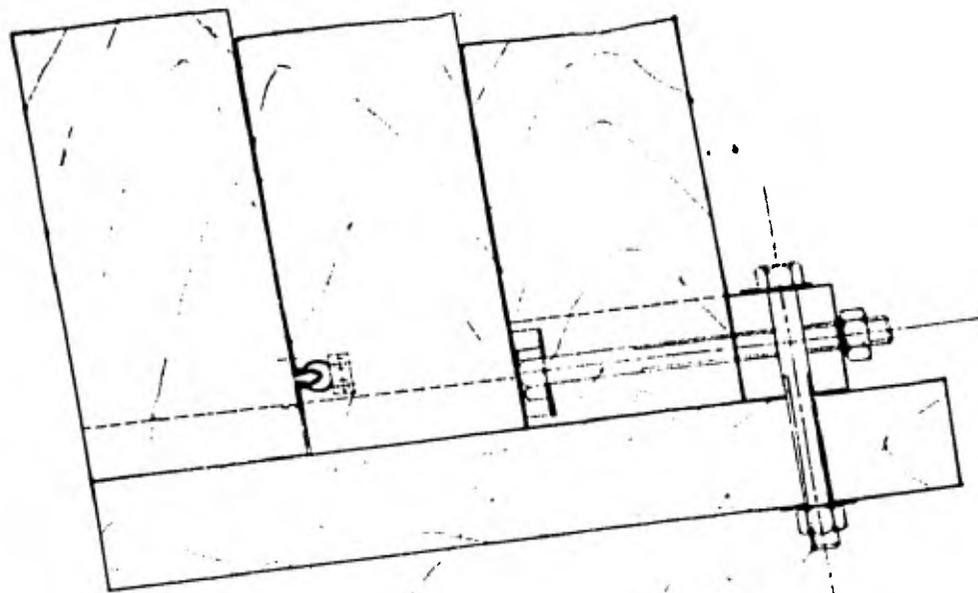
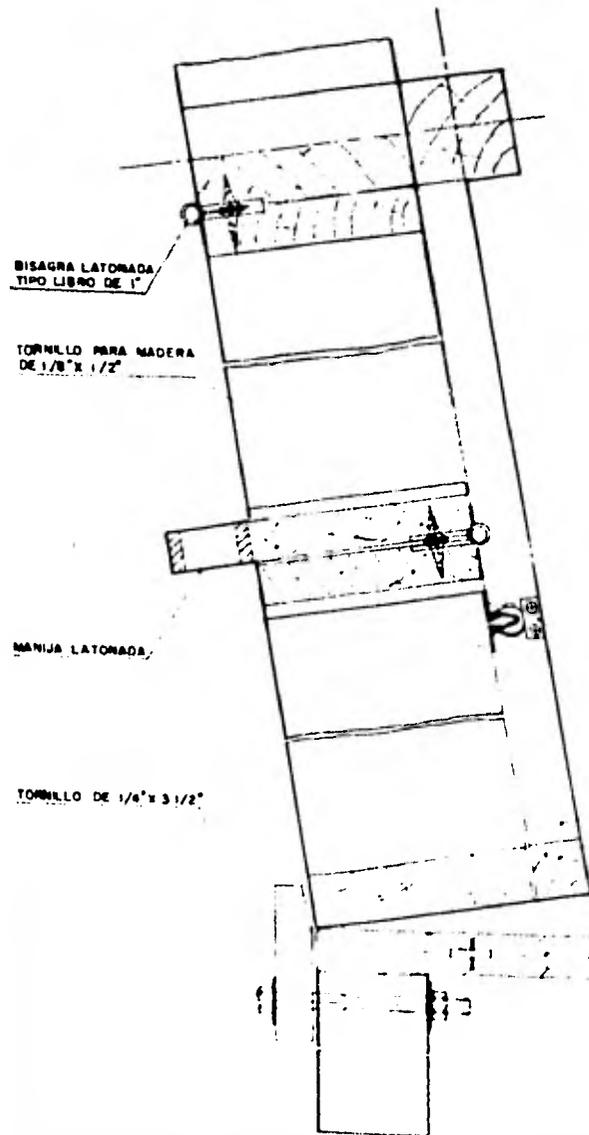
ARRANCADOR TIPO B 30
9001 EQUAR 0



BORNILLO DE 1/8" X 1 UN" CROZA HEXAGONAL

VISTA LATERAL

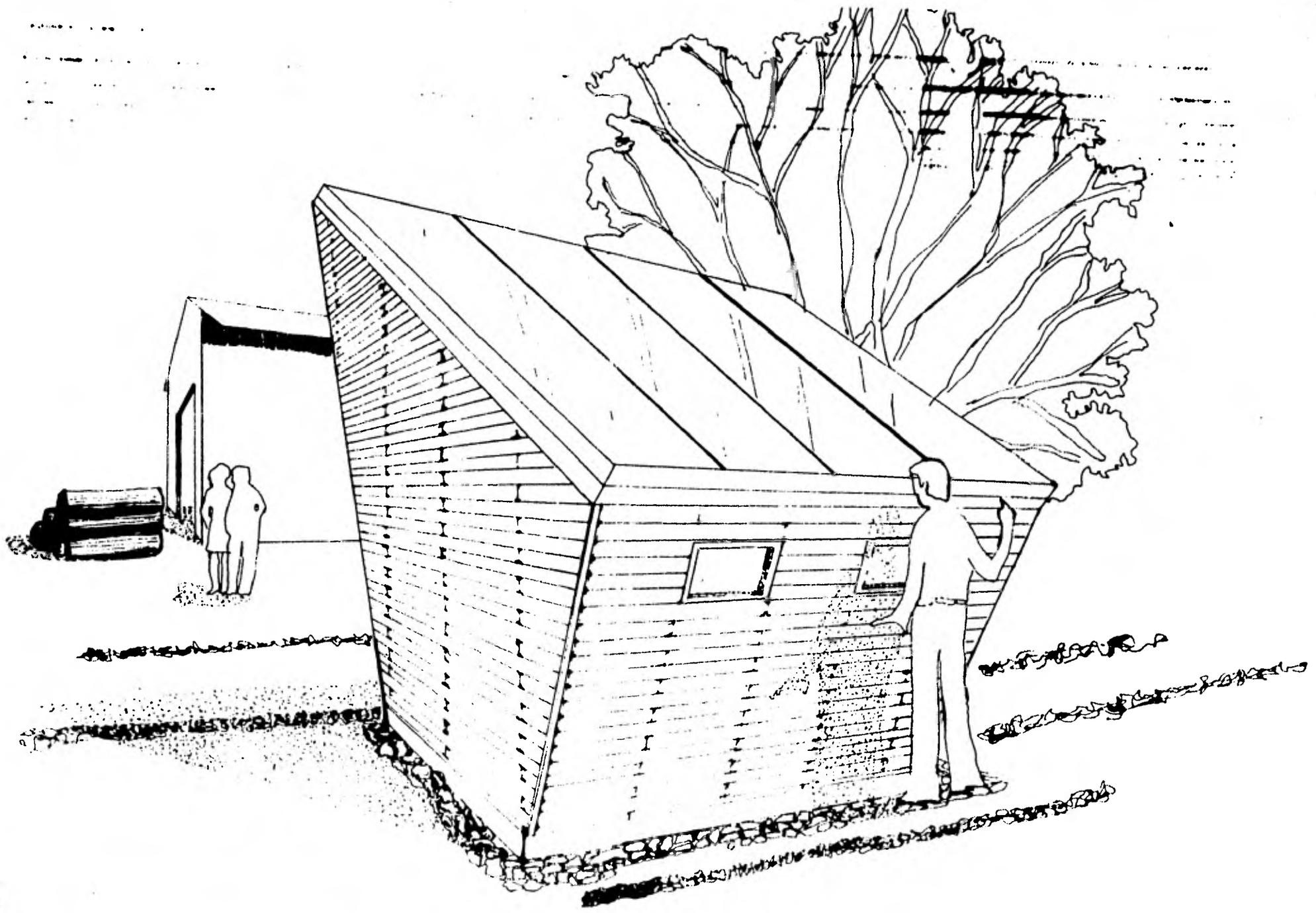
esc 1:1 col mm	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		A3/9
	DETALLE ARRANCADO DE MOTORES		
Q.C. REYNOSO C.	E.M. PINLLOSC.		
mayo 1981	Rev	Apr	

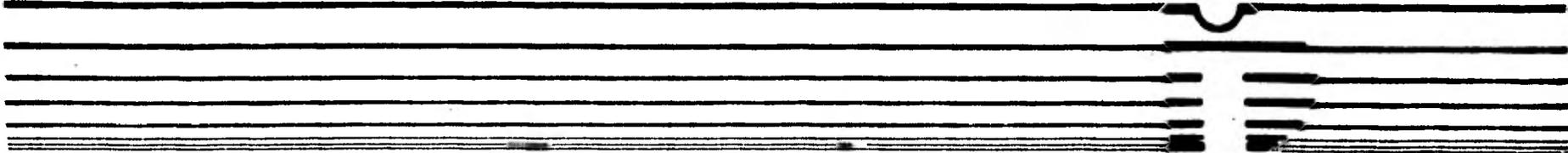


DETALLES Y XW

CORTE LATERAL SUPERIOR

esc 1:2 cot mm	CARRERA DE DISEÑO INDUSTRIAL UNAM		A 3 / 10
	Detalle de puerta principal		
E. M. PINILLOS C	O. C. REYNOSO C.		
mayo 1981	Rev	Apro	





BIBLIOGRAFIA



Anónimo (1975) Direct Fired . High temperature kiln. Australian Forest Industries Journal. 41 (4): 43-45

Anónimo (1977) Low temperature drying at thomet wood working and furniture digest 79: 24-27

Antaramian, A. (1963) Diseño de un secador para madera, Tesis Ciencias Químicas. U.N.A.M. México 57 pp.

Ballantyne, E.R. (1974). The effect of orientation and latitudes on the solar radiation received by test panels and Frences During Weathering Studies Building Scieces 9(3): 191-196.

Barajas, J.R., Echenique-Manrique y T.F. Carmona (1979) Estructura e Identificación. La Madera y su Uso en la Construcción No. 3. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera. Xalapa, Ver. 70 pp.

Cabirol, T., A. Pelisson y D. Roux (1979). El colector plano de efecto invernadero y el calentador solar de agua. C.E. C.S.A. México, D.F. 150 pp.

Carmona, T.F. (1980). Anatomía de la Madera. Apuntes del curso fundamentos de ciencia y tecnología de la madera. Xalapa, Ver. 218 pp.

-
-
-
-
-
-
- Casín R.F. (1973). Solar dryer for lumber. Forest Products Research & Industries development. Commission. Forpridecom technical note No. 76. 3 pp.
- Castellanos, A y M. Escobedo (1980) La Energía solar en México. Situación actual y perspectivas. Centro de Ecodesarrollo. México, D.F. 101 pp.
- Chudnoff, M., E.D. Maldonado y E. Goytia (1966). Solar drying of tropical hardwoods. Inst. trop. forestry. U.S. Forest Serv. Res. Paper. ITE-2 26pp.
- Comstock, G.L. (1976) Energy requirements for Drying of wood products wood residue as an emergy source. Forest Products Research Society, Proceedings No. P-75-13. 118 pp.
- Del Valle, S.I. (1978). Estufa solar. Tesis profesional, Diseño Industrial. Esc. Nal. de Arquitectura, U.N.A.M. México, D.F. 62 pp.
- Díaz-Gómez, V. (1977). Secado de maderas en estufa. Trabajo presentado en el seminario sobre industrialización forestal S.A.R.H., México, D.F. 12 pp.
- Echenique-Manrique, R. (1980). Secado de la madera. Apuntes del curso fundamentos de Ciencia y Tecnología de la Madera, Xalapa, Ver. 145 pp.
- Fernández, G. (1962). El estufado de la madera. México D.F. 335 pp.
- Gabri, C. (1975). Todo sobre ventilación y aire acondicionado, manual práctico. Ed. de Vecchi S.A. Barcelona 330 pp.
- Hernández, E. y R. Martínez (1977). La variación anual en México de la radiación solar directa sobre planos verticales orientados hacia los cuatro

puntos cardinales. Centro de Investigación de Materiales U.N.A.M.
2a Edición 78 pp.

- Hernández, V. (1980). Algunos aspectos económicos del secado de madera en estufas con aire acondicionado. S.F.F., I.N.I.F., México D.F. manuscrito 22 pp.
- Hupping, C. (1978). Como usar las fuentes de energía natural. Ed. Diana. México 413 pp.
- Novoa, M. (1979). Horno solar de secado y apoyo para cocción de cerámica. Tesis Escuela de Diseño Industrial. U.N.A.M. México, D.F. 50 pp.
- Pitts, D.R. y L.E. Sissom (1979). Teoría y problemas de transferencia de calor. Mc. Graw-Hill Latinoamericana, S.A. Bogotá 325 pp.
- Pratt, G.H. (1974). Timber Drying Manual Department of the Environment Building Research. Establishment 152 pp.
- Ras Mussen E.F. (1961). Dry kiln. Operators manual Forest Products U.S. Department of agriculture Handbook. No. 88 197 pp.
- Rietz, R.C. y R.H. Page (1971). Air drying of lumber: A guide to industry practices. Forest Service U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 402 110 pp.
- Romero, E.L. (1979). Refrigerador solar para leche. Tesis profesional. Unidad Académica de Diseño Industrial U.N.A.M. México, D.F.
- Subsecretaría Forestal y de la Fauna (1976). Anuario de la producción forestal de México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México

D.F. 369 pp.

Thompson, P.D. y R. Obrien (1966). Fenómenos atmosféricos. Colección Científica de Life en Español. Offset multicolor S.A. México, D.F. 200 pp.

Trueba, J., O.C. Reynoso, R. echenique-Manrique y J. Martínez (1980).. Impactos de la política forestal. Contradicción de los modelos capitalistas y campesinos. INIREB-LACITEMA, Xalapa, Veracruz, 269 pp.

United Nations (1978). Technology for solar energy utilization. United Nations Industrial Development organization. Vienna. Development and transfer of technology series No. 5 New York. 155 pp.

Wengert.M.E. (1971). Improvements in solar dry kiln design. Forest Products Laboratory. U.S. Forest Service Research note FPL. 0212

Wengert, E.M. (1977). Practical application of solar energy to wood processing. Forest Products Research Society. Virginia. 35 pp.

Wengert, E.M. (1979). Solar heated firewood dryer. Virginia Polytechnic Institute and State University. MT. # 13. C. Utilization and marketing.

Yang, K.C. (1980). Solar kil performance at a high latitude, 48°N. Forest Products Journal 30(3); 37-40

