



# Secado del cacao con uso de secadores solares.

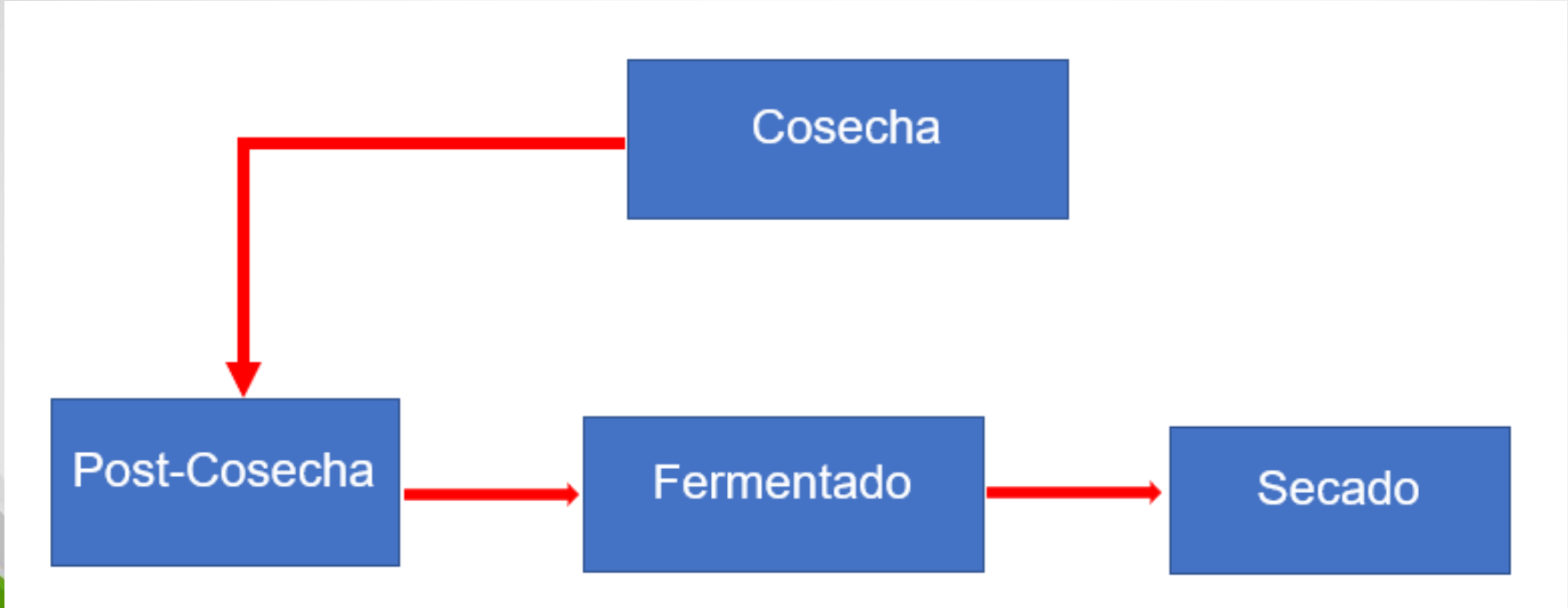


Figura 1 : Proceso post cosecha del cacao.

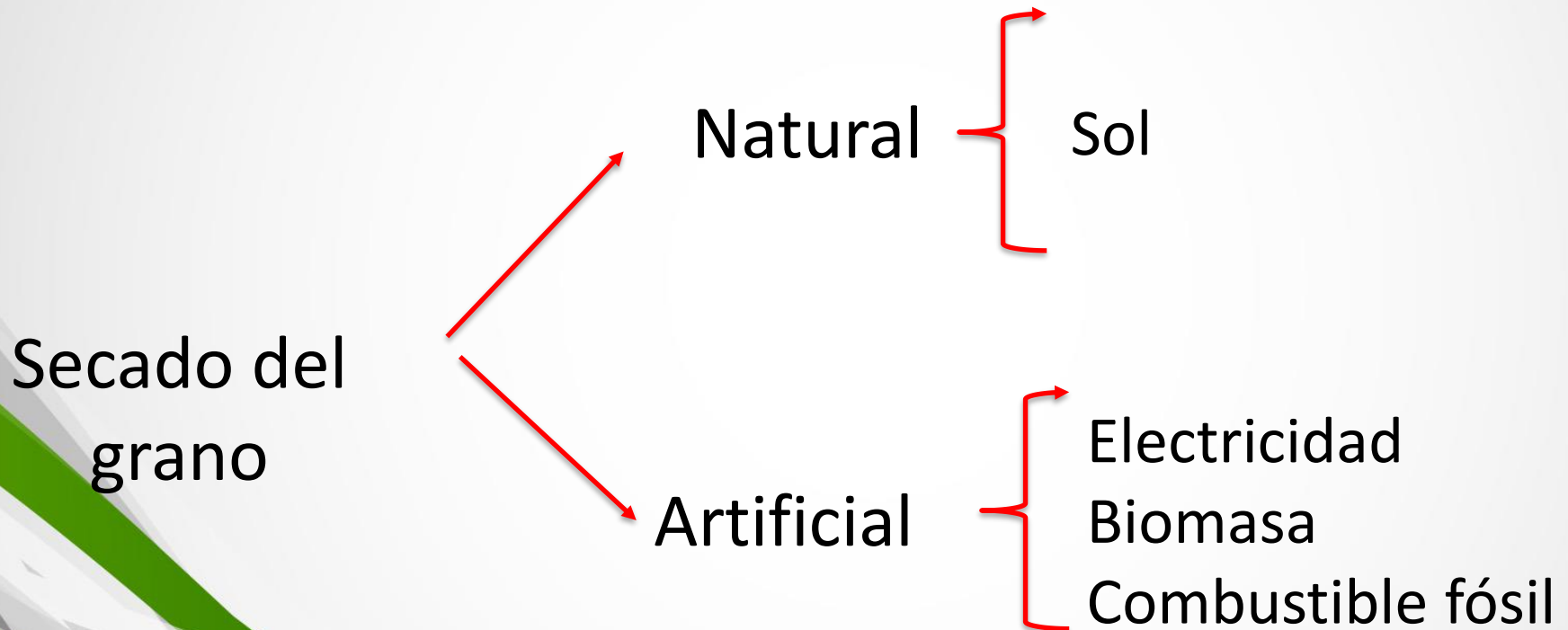
Fuente: Del autor.

# Secado del cacao

# Para secar granos se ocupa

- Una fuente de calor natural o artificial.
- La humedad relativa ó sea la cantidad de agua que hay, es mucho menor que la humedad del grano.
- Que el grano este en una superficie, donde le pegue el calor y el aire .

# Tipos de secado.



# Secado al sol

Es el mejor método para secar cacao, porque la extracción de la humedad del grano, es paulatina, desde adentro hacia afuera; por lo cual, es una extirpación del contenido de humedad homogénea y sin deterioro de la calidad del grano.



# Secado

**El secado natural** : Se usa principalmente el calor del sol y el aire, pasando por la masa del grano.

**El secado artificial** : Se utiliza otras fuentes energía para generar calor, como: energía eléctrica, combustibles fósiles, leña y rastrojos de cultivos para calentar la masa de aire y así remover el agua del grano.

# Secado solar



Utiliza la energía calórica del sol.

Figura 2 : Energía solar empleada para secar.  
Fuente: (freepik).



# Principio de secado.

- Es la remoción de la humedad del grano con el uso del calor, que producen rayos solares.
- Se baja el contenido de humedad del grano a niveles que sean adecuados, para su almacenaje y proceso industrial.

# Proceso del secado

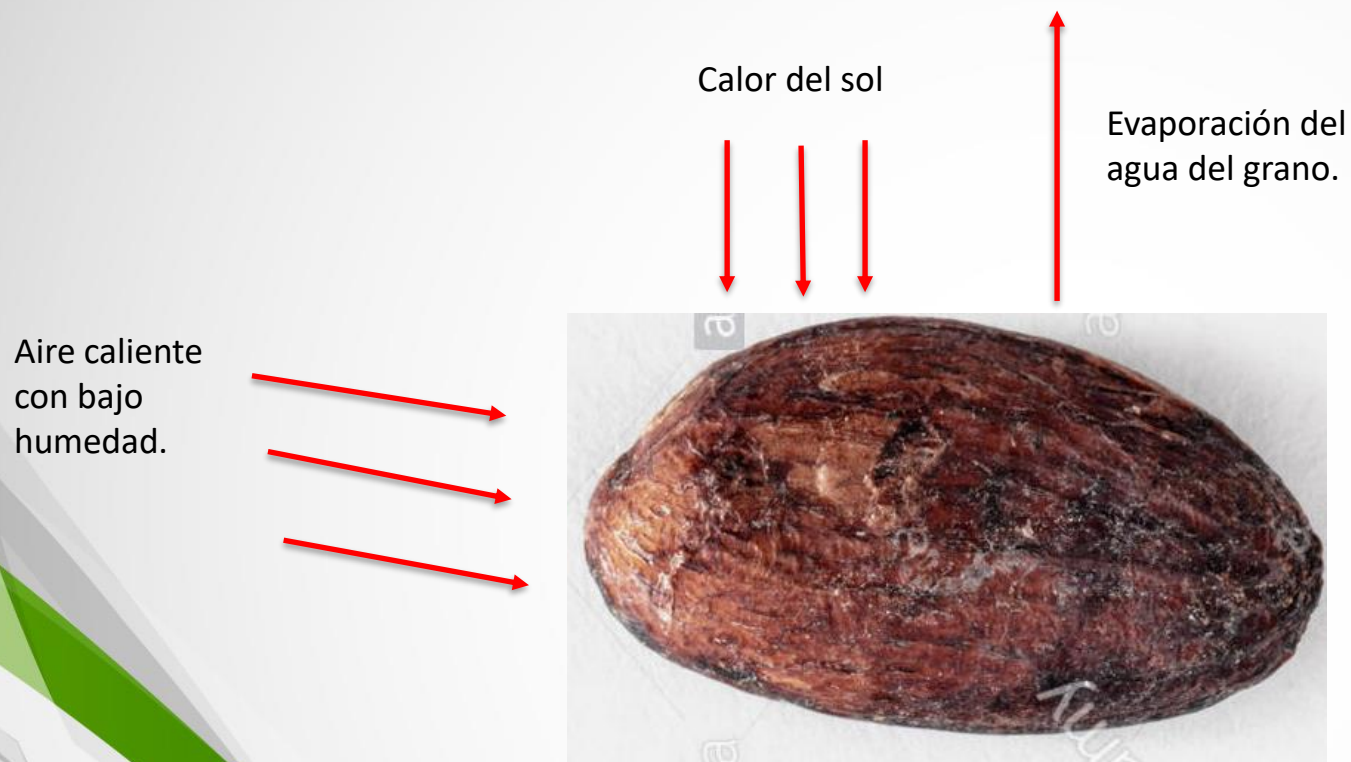


Figura 3 Grano de cacao.

Fuente: (Sara Sadler / Alamy Foto de stock, 2019).

## Fermentación

## Secado

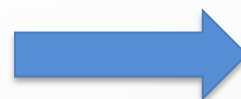
55 %  
Contenido de  
humedad.



6 -7,5 %  
Contenido de  
humedad.



38 °C a 60 °C



Rango óptimo de  
temperaturas de  
secado.

# Secado del cacao.

- Continúa la fermentación.
- Los granos terminan los cambios que le dan el sabor y aroma a chocolate y se disminuye el sabor amargo.
- El secado debe ser lento, para evitar que los granos, se endurezcan, aplasten y se arruguen.
- Los colores cambian y aparece el color café cenizo, tonalidad que tiene el cacao fermentado y secado. (TvAgro,

# Muy importante.

Como se menciona anteriormente, el secado debe ser lento.

# El efecto de secado se optimiza a partir de :

- El menor porcentaje (%) de humedad en el aire, que entra en contacto o está cerca del cacao.
- La mayor temperatura del aire, considerando un límite de 60°C.
- La mayor velocidad con la cual, el aire se renueva, pasando entre y sobre el cacao.
- El mayor porcentaje (%) de la superficie del grano, queda expuesta al aire.



# Estructuras – costo -eficiencia

En el secado se utilizan distintas estructuras y superficies, que permiten colocar el cacao en capas delgadas, para recibir el sol y el viento.

Las instalaciones pueden ser construcciones rudimentarias o costosas, de ahí, que la eficiencia y la inocuidad sean distintas, al igual que las condiciones operativas. (Coexca, 2017).

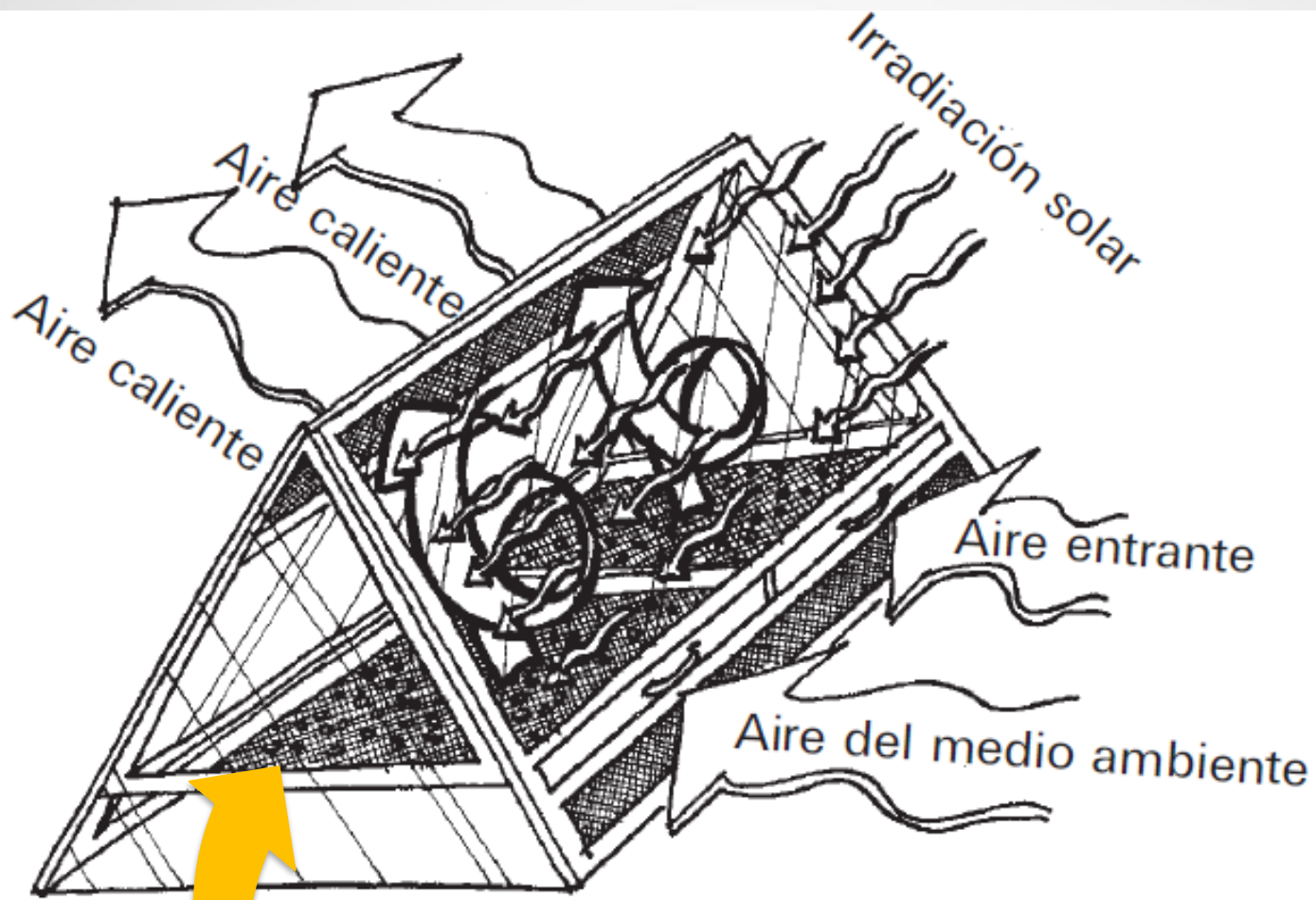


Figura 4. Diagrama del uso del calor de los rayos solares, en secado.



Fuente: (Fundación Celestina Pérez de Almada , 2005).

**Algunas consideraciones importantes, que recomiendan los expertos al secar en el sol.**

- **El primer día** las dos primeras horas de sol en la mañana y las dos últimas en la tarde, para evitar un impacto térmico directo a la almendra (golpe de sol), lo cual, puede compactarse y perder calidad de la misma.
- **Segundo día** las 3 primeras horas de sol en la mañana y las 4 últimas en la tarde, para evitar un choque térmico directo a la almendra (golpe de sol), evitando que se compacte y pierda su calidad.
- **El tercer y cuarto día** se pueden exponer las almendras de cacao al sol, todo el día.
- **Después del cuarto día**, tomamos los granos y “crujen” entre ellos, esto nos indica que el volumen de humedad esta cerca del 7% , para una mejor certeza, se puede usar un medidor de contenido de humedad del grano.

Fuente: (TV Agro / Juan Gonzalo Ángel, 2018)



# Importante

Con las consideraciones anteriores del secado gradual de secado, se limita la exposición con secadoras solares; aunque el secado sea natural, las altas temperaturas en los primeros días de este proceso, pueden disminuir la calidad del cacao o perderse completamente.

# Algunos métodos de secado al sol

- A- Bandejas de secado
- B- Elbas.
- C- Túneles de secado
- D- Casas secado



# Diseño de secadoras

- Depende de los volúmenes que maneja el productor en su finca .
- Un dato importante es que la capa de grano no debe ser superior a 5 cm , por que con aire natural (no forzado) , seria muy lento la remoción del agua en el mismo grano.

A-

Bandejas de secado.

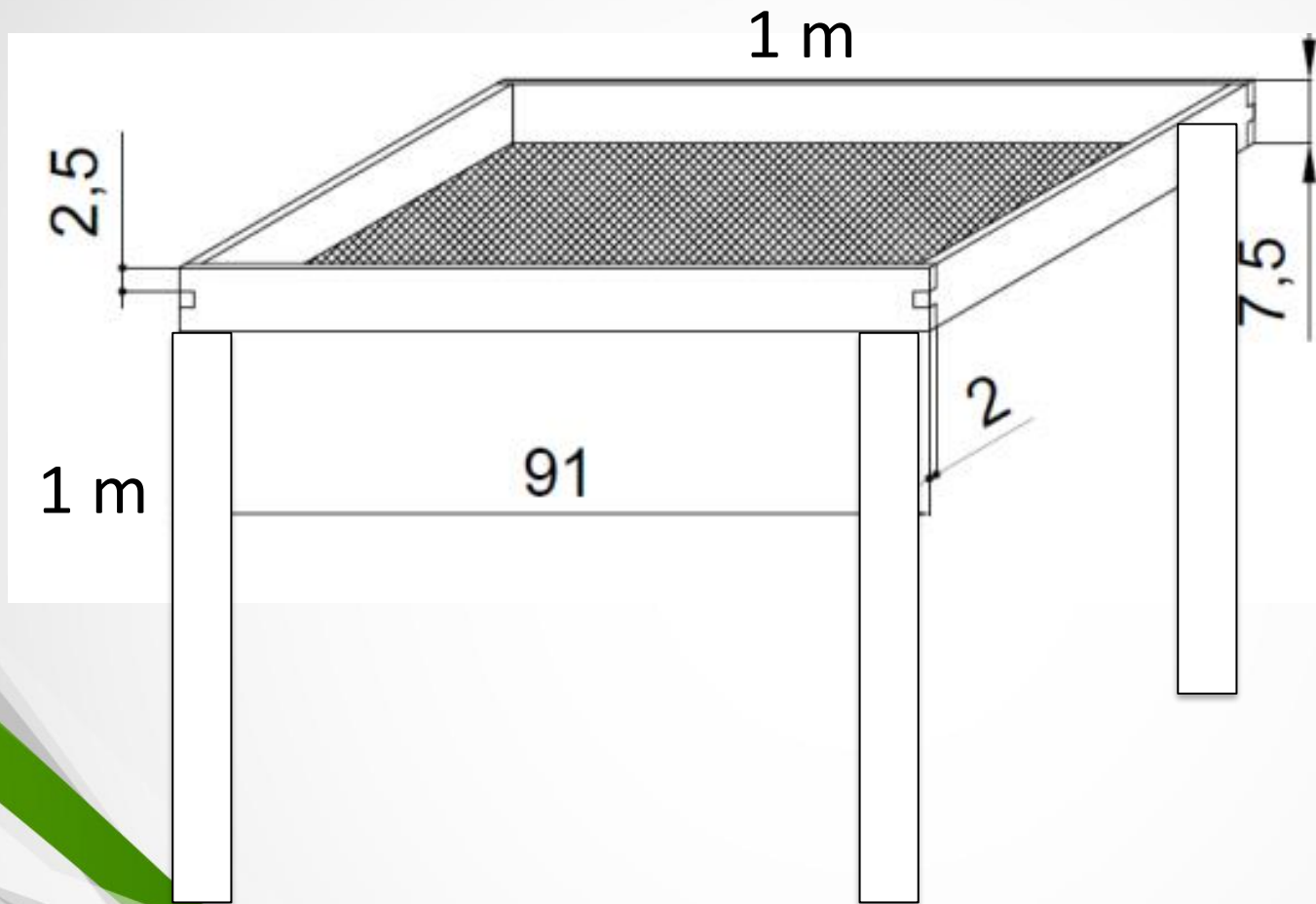


Figura 5. Bandeja de secado.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



Figura 6: Bandeja con techo plástico.

Fuente: (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2006).

# Ejemplo de volumen de producción

Un productor de cacao corta cada 15 días en su finca, una cantidad 200 kilogramos de grano de cacao fresco.

**¿Cual es el volumen aproximado de esa cantidad en fresco fermentado y seco?.**



# La densidad de un sustancia se da

$$\rho = \frac{m}{V}$$

En donde :

P = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

M = masa (kg).

V = Volumen del grano (m<sup>3</sup>)

DENSIDAD APARENTE	
PRODUCTOS AGRICOLAS SOLIDOS	DENSIDAD (kg/m <sup>3</sup> )
Alfalfa, granos	750 - 800
Algodón, granos con su fibra	420
Algodón, granos no apretados	100 - 120
Arroz cáscara	500 - 630
Arroz, gavillas	80- 120
Arroz blanqueado	800 - 850
Arroz de embarque (descascarado)	700 - 750
Avena	500 - 540
Cacahuete con cáscara para aceite	370 - 400
Cacahuete sin cáscara	600 - 620
Cacahuete con cáscara para consumo directo	270 - 300
Cacao (granos frescos)	900
Cacao (granos fermentados)	775
Cacao (granos secos)	635
Café (granos frescos)	620

Cuadro 1. Densidad aparente en algunos granos.

Fuente: (FAO).



De manera que con la ecuación anterior y la tabla de densidad del cacao, podemos despejar, cuanto volumen vamos a tener de dicho producto.

# Volumen de cacao en baba, fermentado y seco.

$$1- V \text{ fresco} = m / \rho \text{ fresco} = 200 \text{ kg} / 900 \text{ kg/m}^3 \\ = \underline{0.222 \text{ m}^3}$$

$$2- V \text{ fermentado} = m / \rho \text{ fermentado} = 200 \\ \text{kg} / 775 \text{ kg/m}^3 = \underline{0.258 \text{ m}^3}$$

$$3- V \text{ seco} = m / \rho \text{ seco} = 200 \text{ kg} / 635 \text{ kg/m}^3 \\ = \underline{0.314 \text{ m}^3}$$

- De manera que 200 kg de grano fresco, se transforman en 0.314 m<sup>3</sup> de grano seco.
- Una masa de grano secándose, debería ser no mayor a 5 cm espesor .

- Con esos dos datos, se podría despejar el área:

$$\text{Volumen} = \text{Área} \times \text{altura.}$$

$$\text{Área} = \text{volumen} / \text{altura} = 0.314 \text{ m}^3 / 0.05$$

$$\text{Área} = 6,28 \text{ m}^2. \leftarrow$$

# En conclusión del ejemplo:

Para un productor que cosecha 200 kg de cacao en baba cada 15 días , debe pensar en que el área de secado, es de 6,28 m<sup>2</sup> y usando la figura 5 con un área de 1 m<sup>2</sup> ,se ocuparían como 7 bandejas de esas, para secar ese grano en una área de 7 m<sup>2</sup>.

B-

Tipo elba.



# B1. Elba con techo corredizo

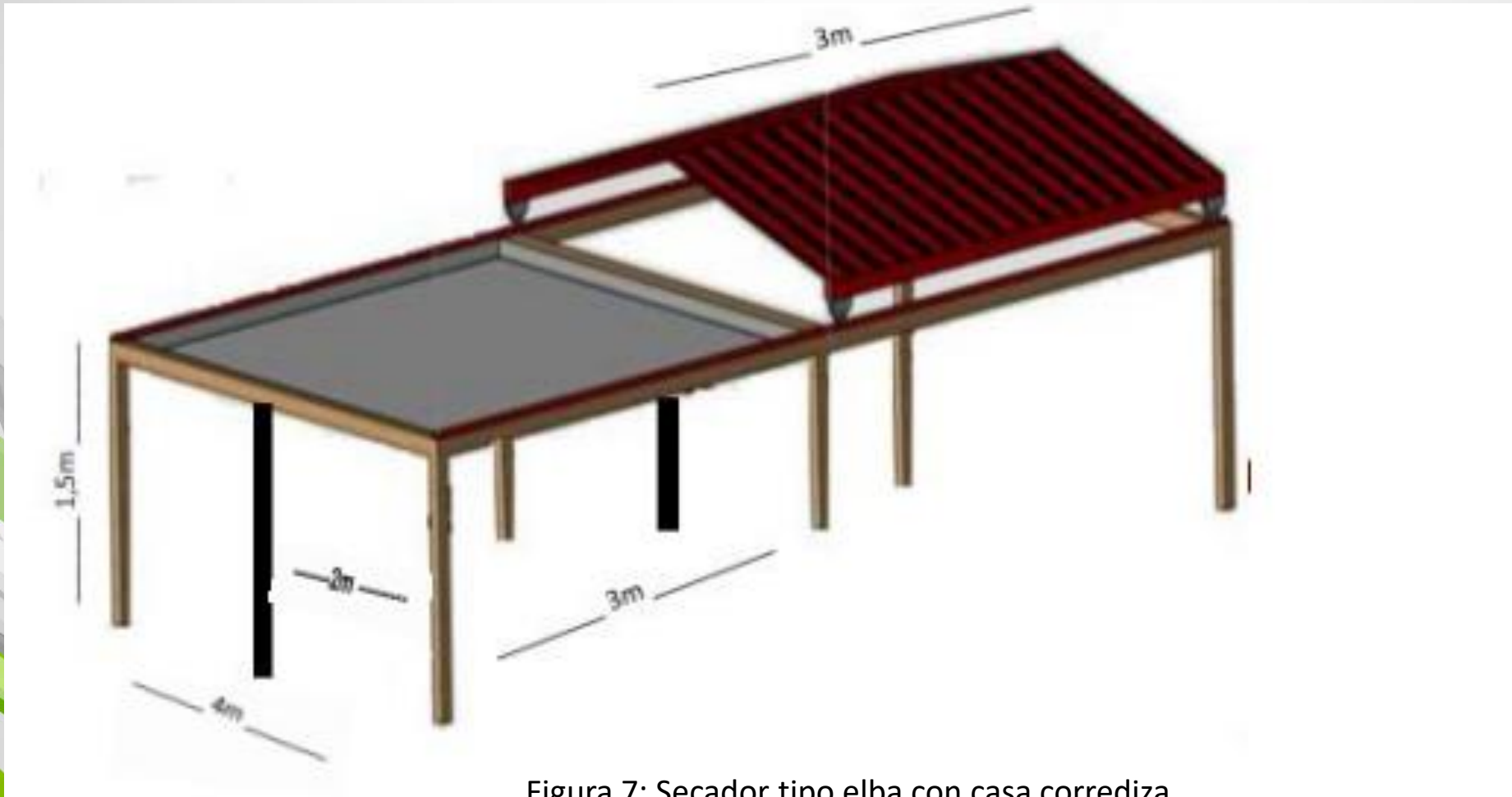


Figura 7: Secador tipo elba con casa corrediza.

Fuente: (Federación Nacional de cacaoteros, 2014).

Ejemplo de materiales que se ocupan para construir, una casa elba con techo corredizo.

## Pasera

Reglas de madera de 4" x 2" cada 50 cm para soportar las tablas que hacen, parte de la pasera. Además, la pasera llevará dos reglas de 4 m de largo de 4" x 4" que soportan, las tablillas de 4" x 2" y las tablas que hacen el tendido de dicha pasera. Tendrán un espesor como mínimo de 2 cm, debe tener tablillas laterales de 10 cm de alto, para evitar que el cacao se salga de la pasera. A su vez, estar a una altura de 1,5 m del suelo, con medidas: "4m de largo x 3 m de ancho". es decir 12 m<sup>2</sup>, espacio con capacidad para 100 kg de cacao seco en promedio. (Fedecacao, 2014).

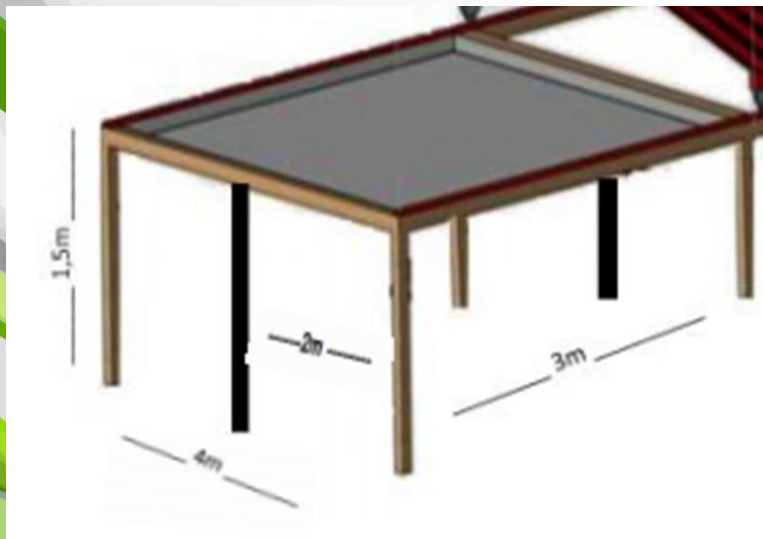


Figura 8: Pasera de secado .  
Fuente: (Federación Nacional de  
cacaoteros, 2014).

## Casa corrediza

Techo tipo tejas (láminas de 3 m de largo), con 4 m de ancho y los 3 m de largo de las láminas, los postes (2 m de largo con dimensiones de 4" x 4") el material puede ser: en madera, concreto u otro material que garantice durabilidad y resistencia y que esté aprobado técnicamente, para este uso. (Fedecacao, 2014)

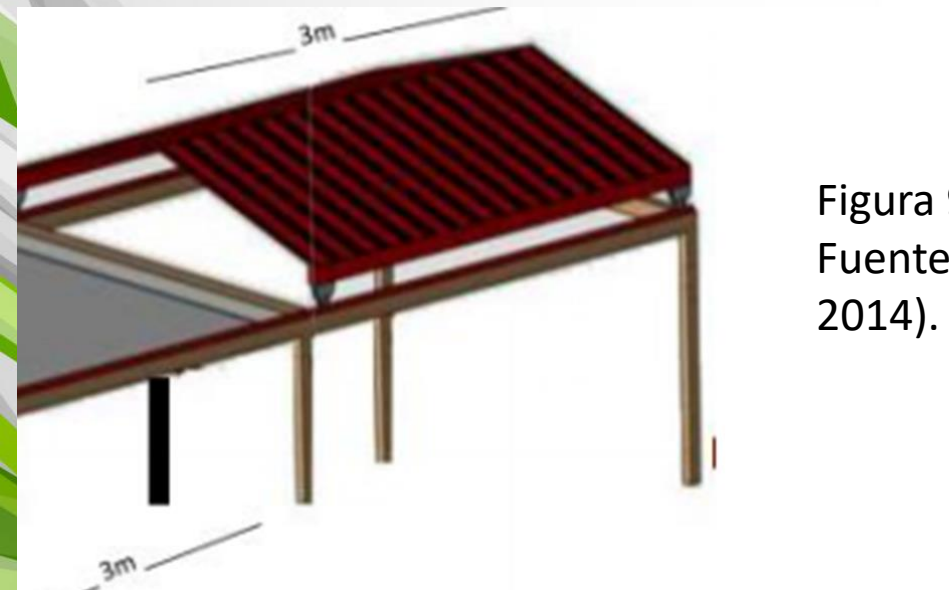


Figura 9: Elba de secado . :

Fuente: (Federación Nacional de cacaoteros, 2014).



# Varias elbas en un mismo techo corredizo



Figura 10: Elbas superpuestas en un mismo techo.  
Fuente : (El Agricultor TV, 2016).



## B2. Secadora tipo marquesina



Figura 11: secadora tipo marquesina .  
Fuente: (MAG, 2013).

# B.1 Marquesinas a dos aguas



Figura 12. Secador tipo marquesina a dos aguas.  
Fuente: (DINAMIX Ltda,2020).

# Ejemplo diseño

- **MEDIDAS:** 24 m<sup>2</sup> ó 12 m<sup>2</sup> con 2 metros de altura.
- **MATERIAL:** Madera seca curada de 3 o 4".
- **CAMA:** Reglas perfectamente unida con rebordes en varillones y protección en tela verde.
- **CUBIERTA:** Parales inclinados y cubierta con plástico resistente UV calibre 6 templado, sujeto con grapas industriales, con salida de aire por caballete.

Fuente : (DINAMIX Ltda, 2020).

C-

Túnel de secado..



# Secadores tipo casa túnel



Figura 13. Secador tipo marquesina tipo túnel.  
Fuente: (DINAMIX Ltda, 2020).



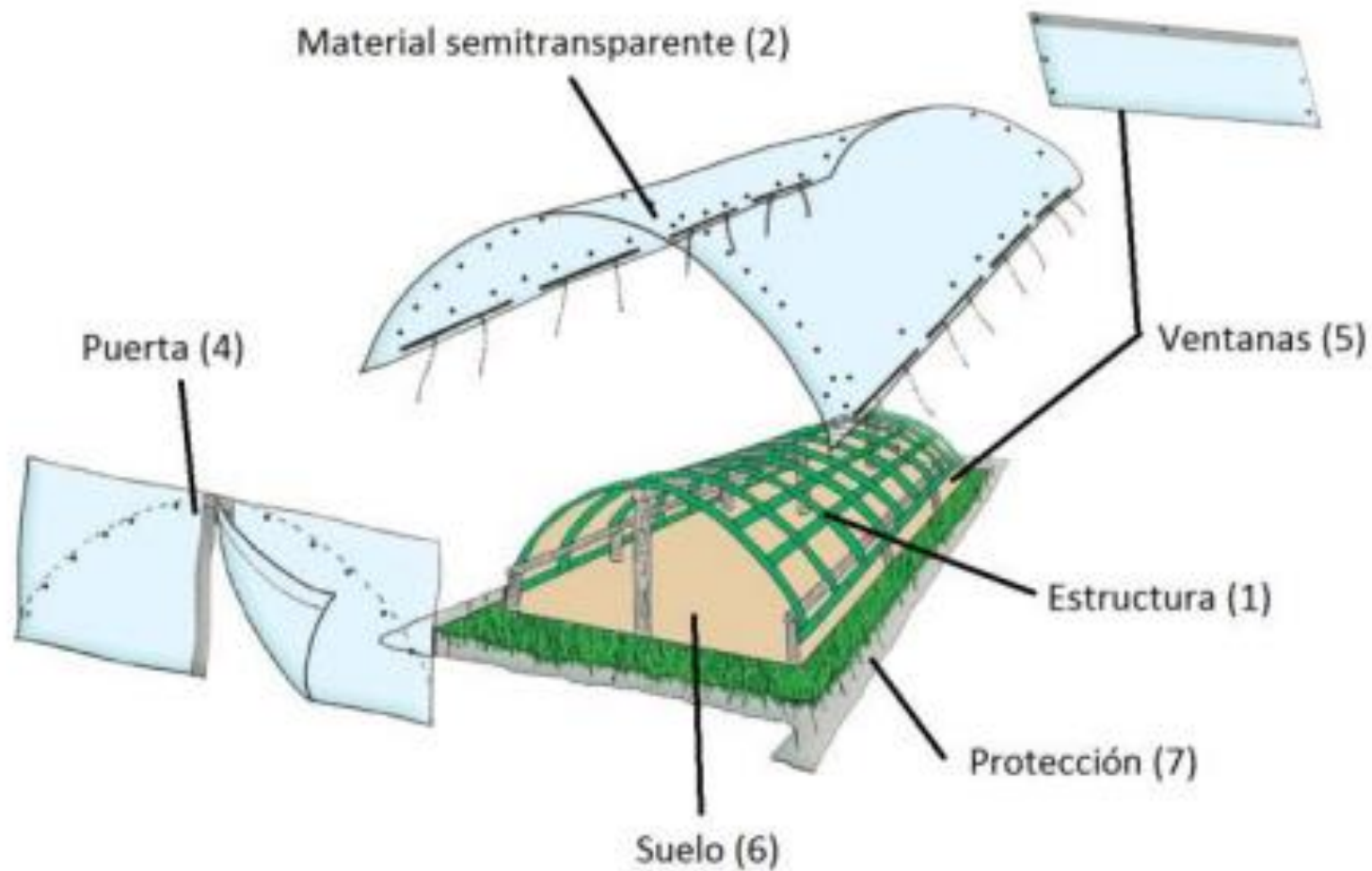


Figura 14. Esquema de las partes de un secador solar.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Materiales para construir el secador

Cuadro 2. Materiales para construir un secador solar .

Parte	Material
Estructura	Madera seca
	Clavos
	Alambre de amarre
Recubrimiento	Carpa solar resistente a los rayos ultravioletas
	Cordel para mantener la tensión y evitar que el agua se estanque
Bandejas	Madera ligera
	Malla metálica o de plástico
	Clavos
Puerta	Madera seca
	Clavos
	Bisagras
	Tornillos
Ventanas	Cordel
	Clavos
Suelo	Cemento, tierra seca, madera...
Protección	Ladrillo, piedras, cemento...

Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Ejemplo construcción e instalación del secador.

# Paso 1

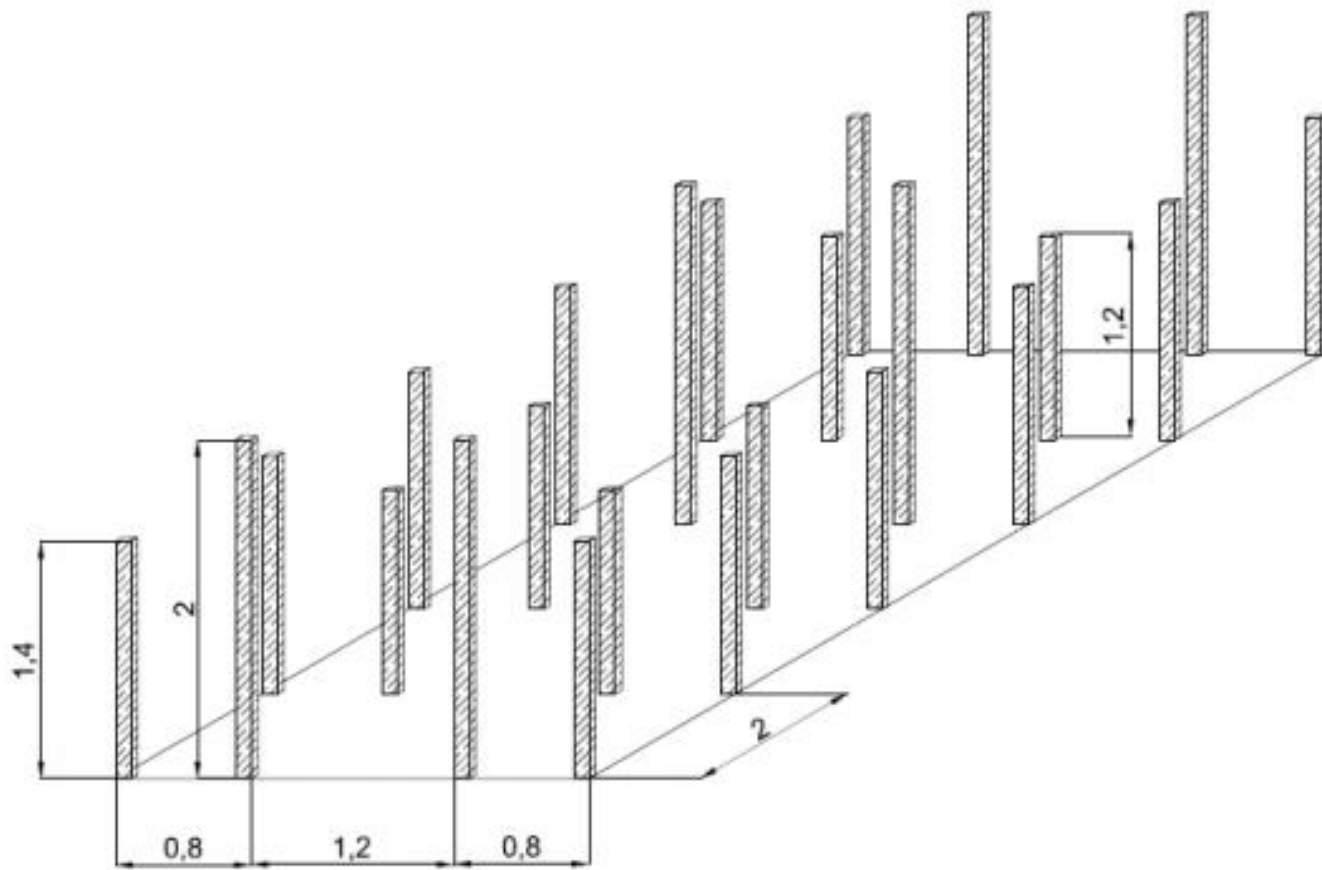


Figura 15. Distribución maderas verticales.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



# Paso 2

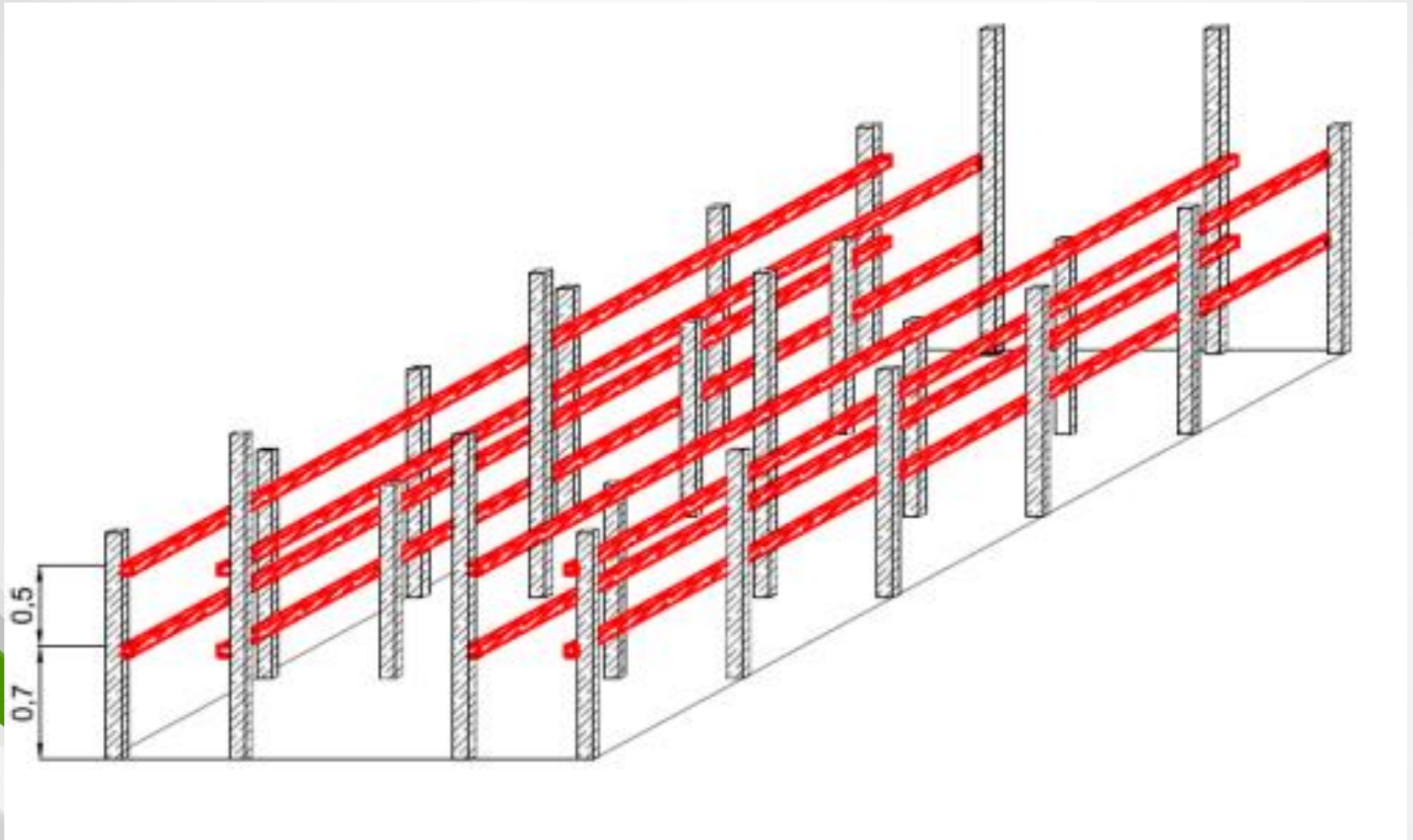


Figura 16. Distribución maderas horizontales.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



# Paso 3

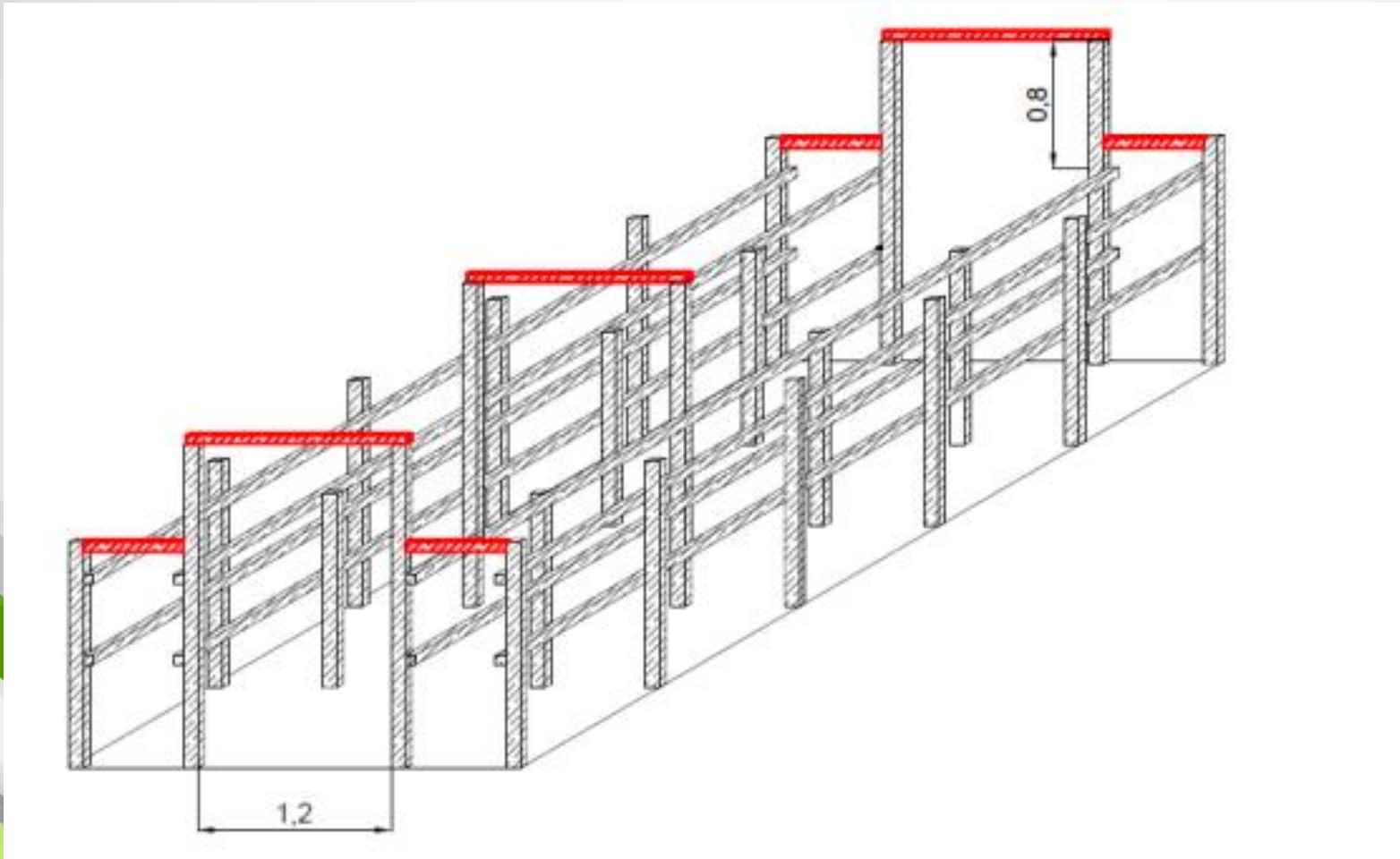


Figura 17. Marcos de soporte para los travesaños.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 4



Figura 18 : Vista estructura secador solar.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 5



Figura 19: Vista estructura secador solar.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



# Paso 6

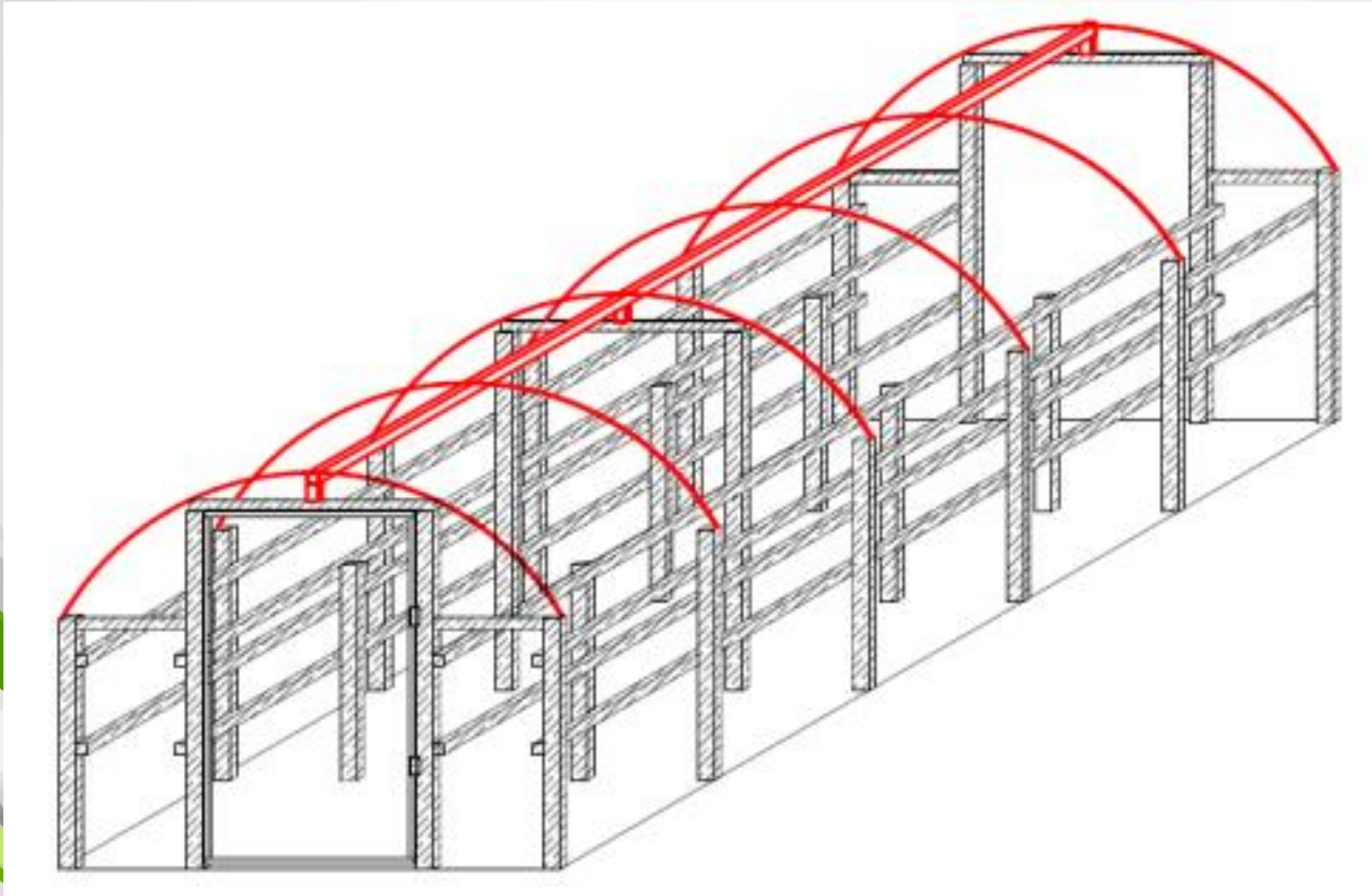


Figura 20. Distribución arcos travesaños.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 7



Figura 21. Vista secador solar con los arcos.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



# Paso 8

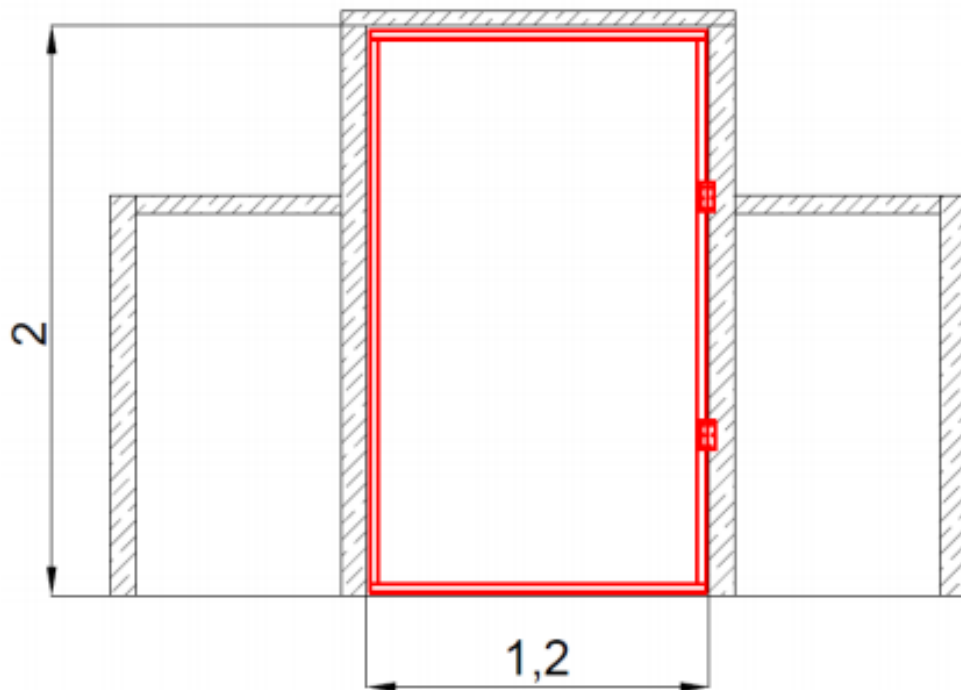


Figura 22. Puerta del secador solar.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).



Figura 23. Vista puerta con carpa solar.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 9

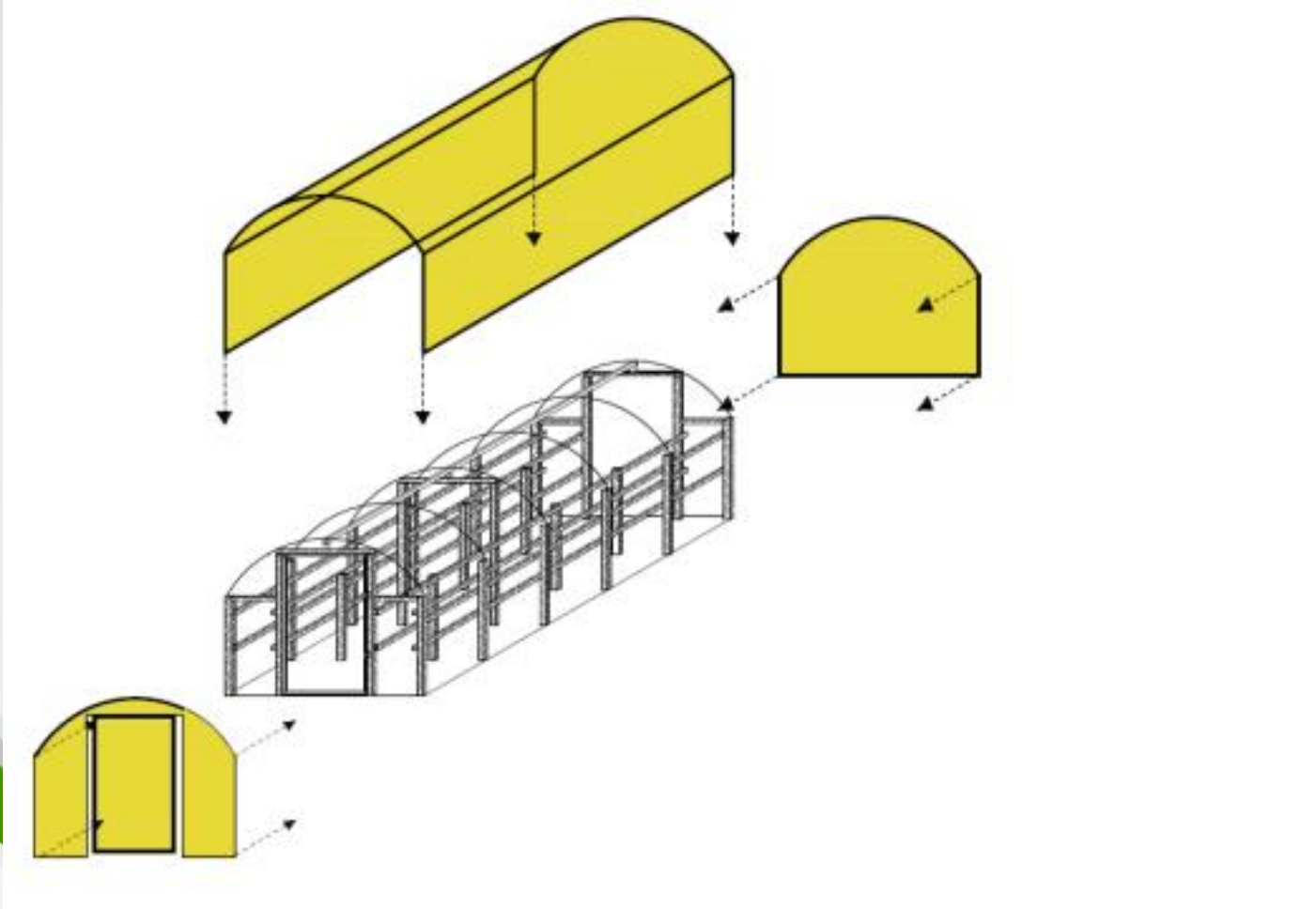


Figura 24. Colocación del plástico.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 10

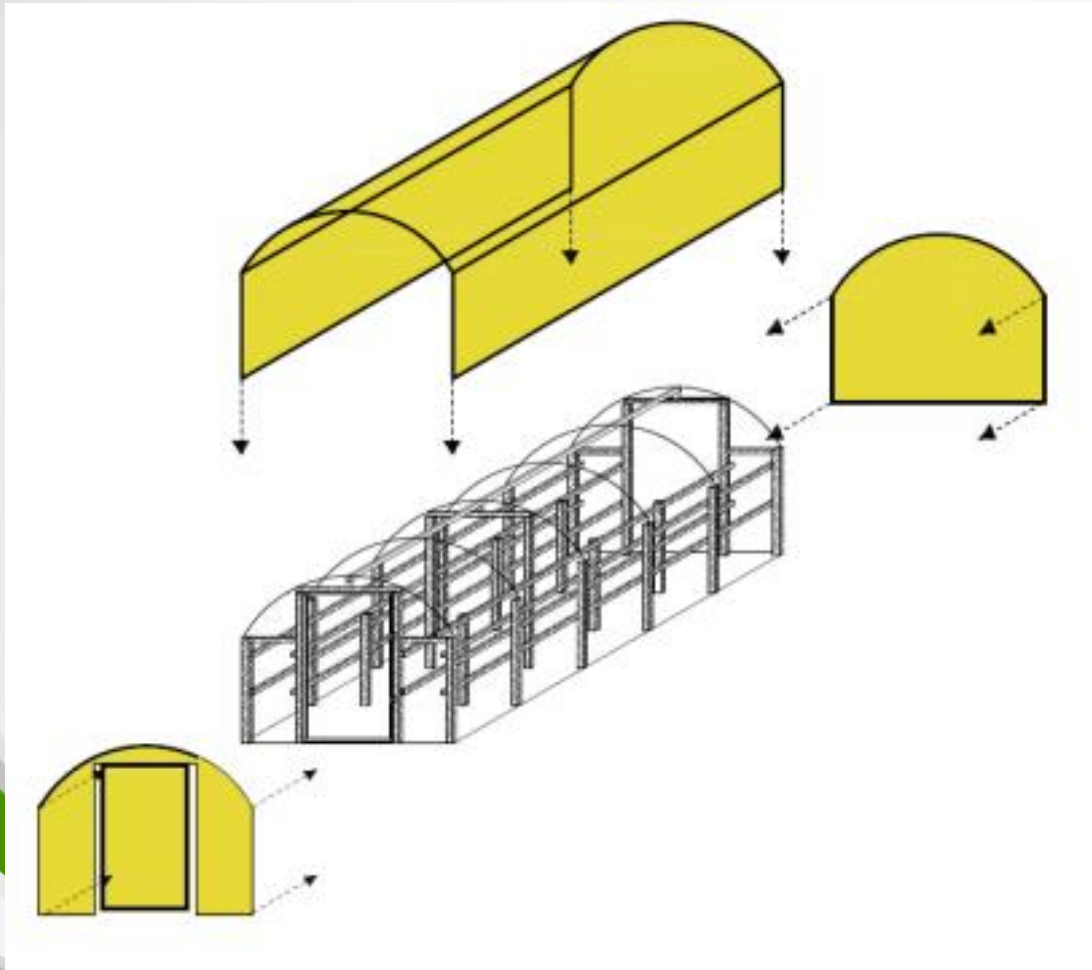


Figura 25. Colocación del plástico.  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Paso 11

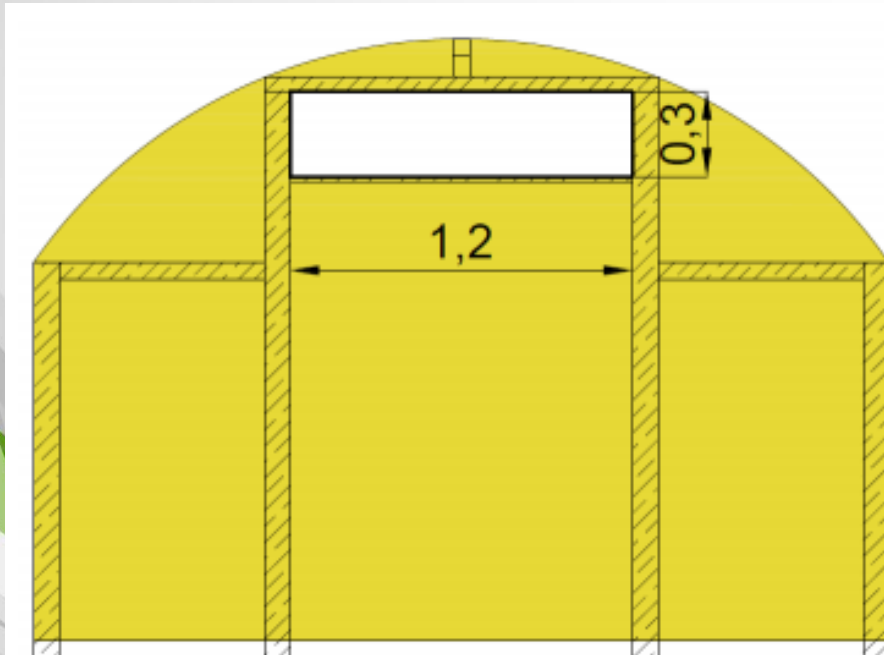


Figura 26. Ventana para la salida del aire caliente.



Figura 27. Vista exterior de la ventana.

Fuente: (Jordi Besora Magen).



# Paso 12

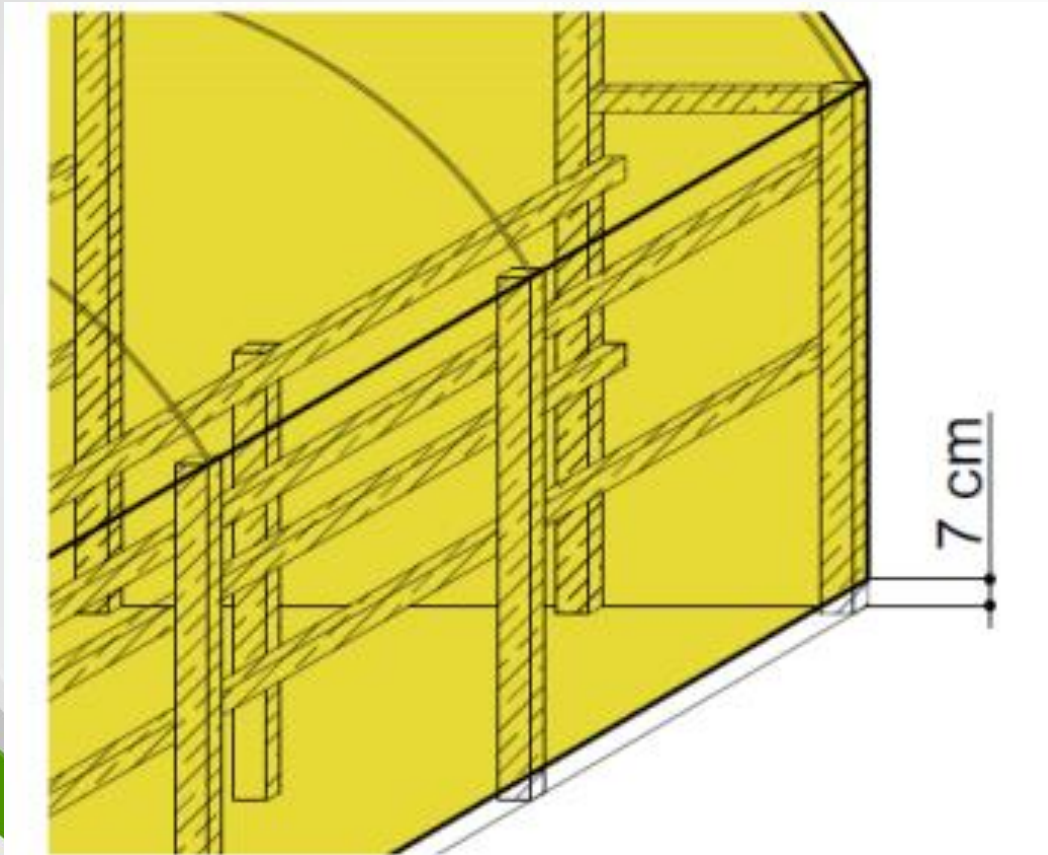


Figura 28. Espacio inferior para ventilación .  
Fuente: (Jordi Besora Magen).

# Otros ejemplos de instalación de secadores solares.

# Ejemplo Instalación



Figura 29. Demarcación del lote y ubicación de las columnas.



Figura 30. Detalles de la construcción del piso del secador.

Fuente: (DINAMIX Ltda, 2020)





Figura 31. **a)** Piso en malla Sarán, **b)** Arcos que forman la estructura para soportar la cubierta plástica, reforzados en la parte interna y sujetos en la parte superior con el caballete.

Fuente: (DINAMIX Ltda, 2020).





Figura 32. Detalles de la construcción de las compuertas laterales: **a)** Compuerta fijada a los arcos; **b)** Distancia sobre los arcos para fijar las compuertas laterales.

Fuente: (DINAMIX Ltda, 2020).

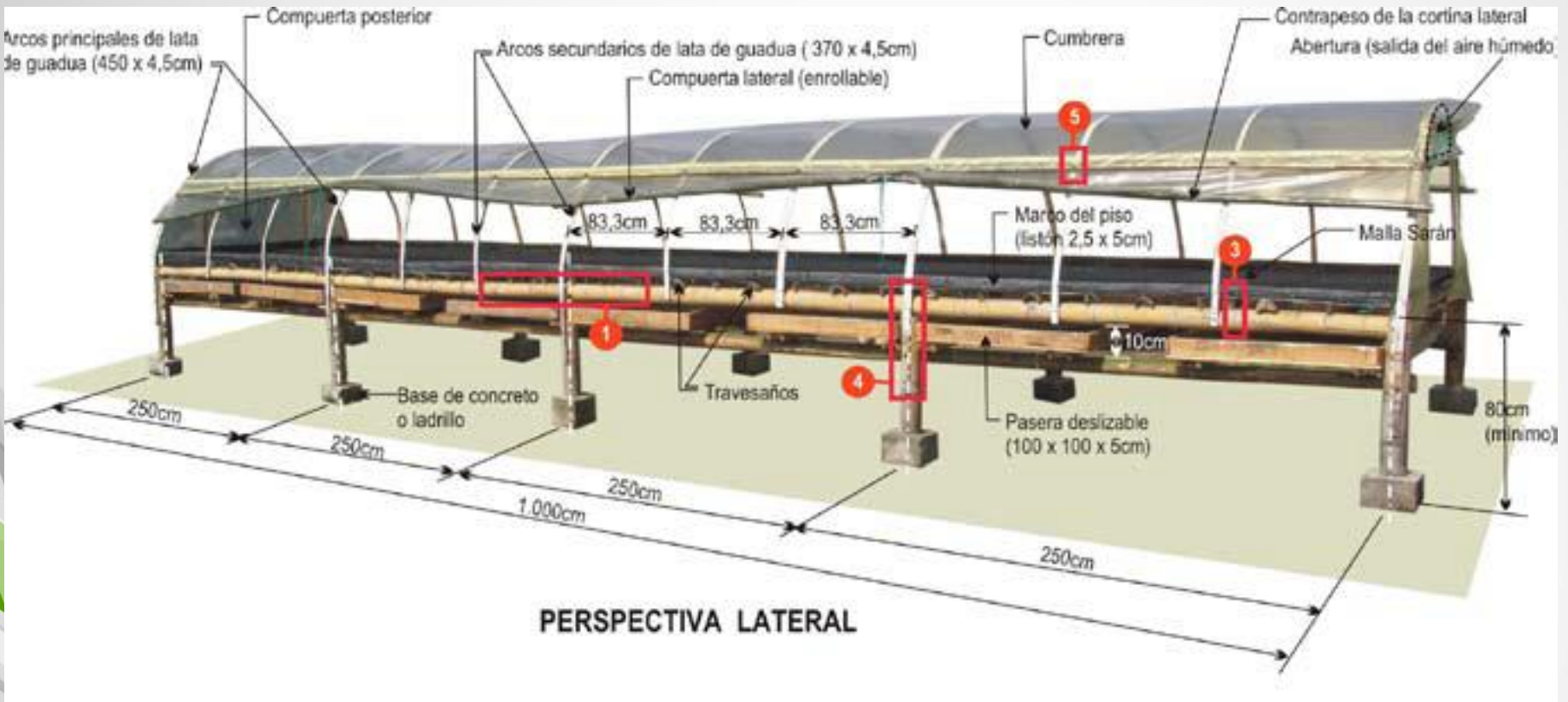
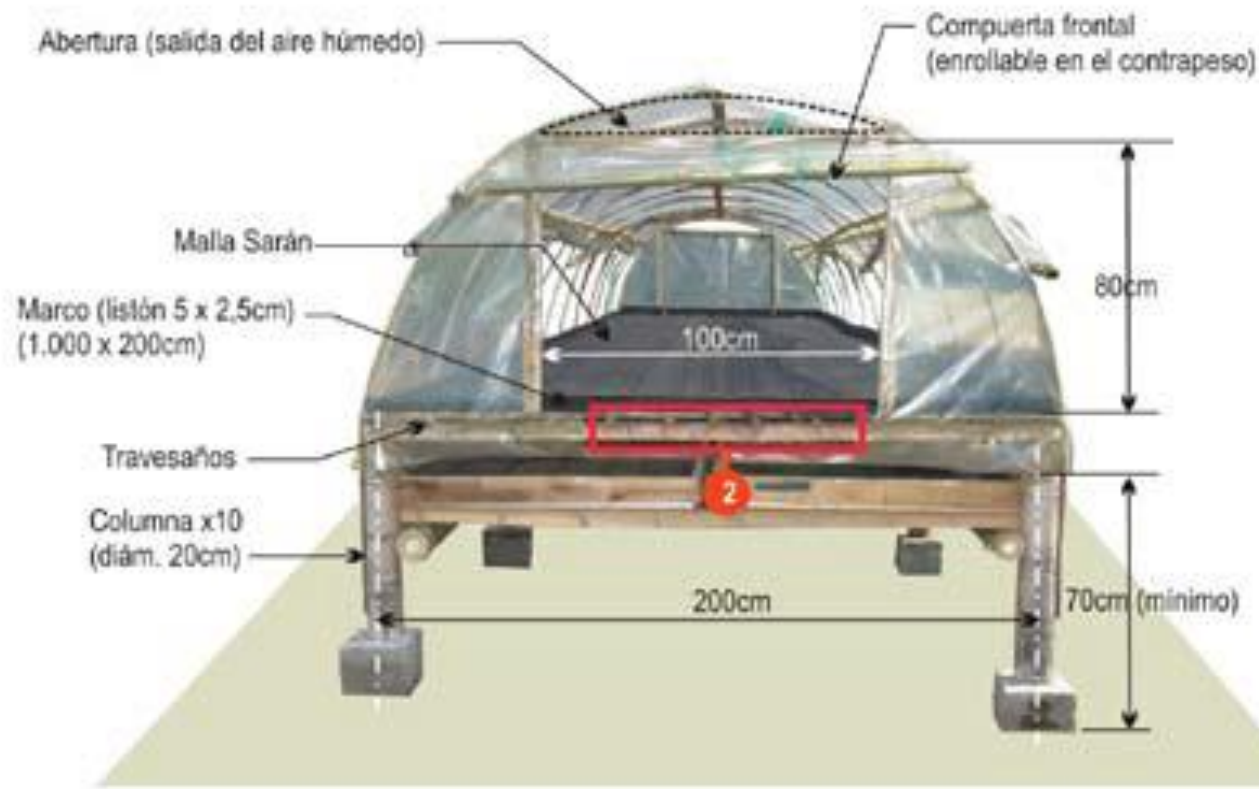


Figura 33. Vista lateral.  
 Fuente: (CENICAFE, 2006).



VISTA FRONTAL

Figura 34. Frontal.  
Fuente: (CENICAFE, 2006).



# Otros detalles



Figura 35. Detalles de distancia entre travesaños.



Figura 36. Entramado del piso

Fuente: (CENICAFE, 2006).





Figura 37. Base de ladrillo .



Figura 38. Fijación del marco al entramado.

Fuente: (CENICAFE, 2006).



Figura 39. Fijación de los arcos.

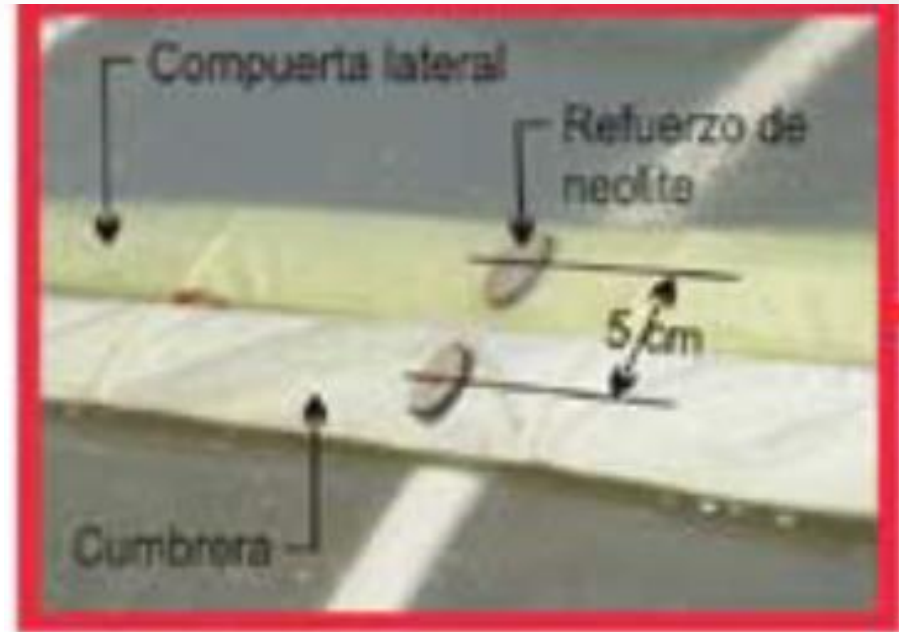


Figura 40. Fijación de la cumbreira.

Fuente: (CENICAFE, 2006).



Figura 41. Construcción de la cumbre: **a)** Fijación del primer lado y preparación para extender el plástico.



Figura 42. Cubrimiento y templado del plástico.

Fuente: (CENICAFE, 2006).



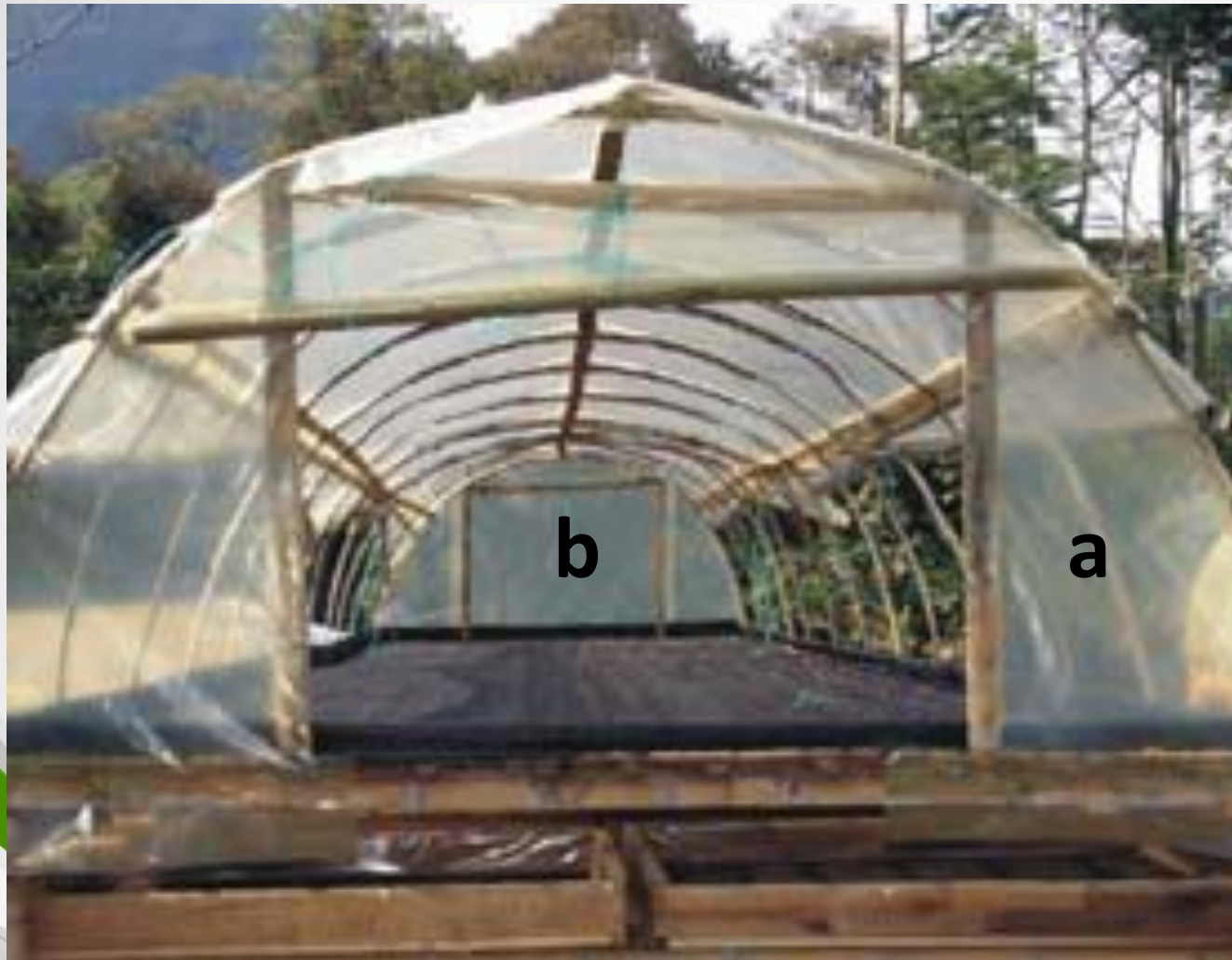


Figura 43. **a)** Compuertas frontal y posterior;  
**b)** Aberturas para la salida del aire húmedo.  
Fuente: (CENICAFE, 2006).





Adaptación de paseras, para aprovechar el secado.

Figura 44. Paseras utilizadas en el secador solar de túnel.  
Fuente: (CENICAFE, 2006).

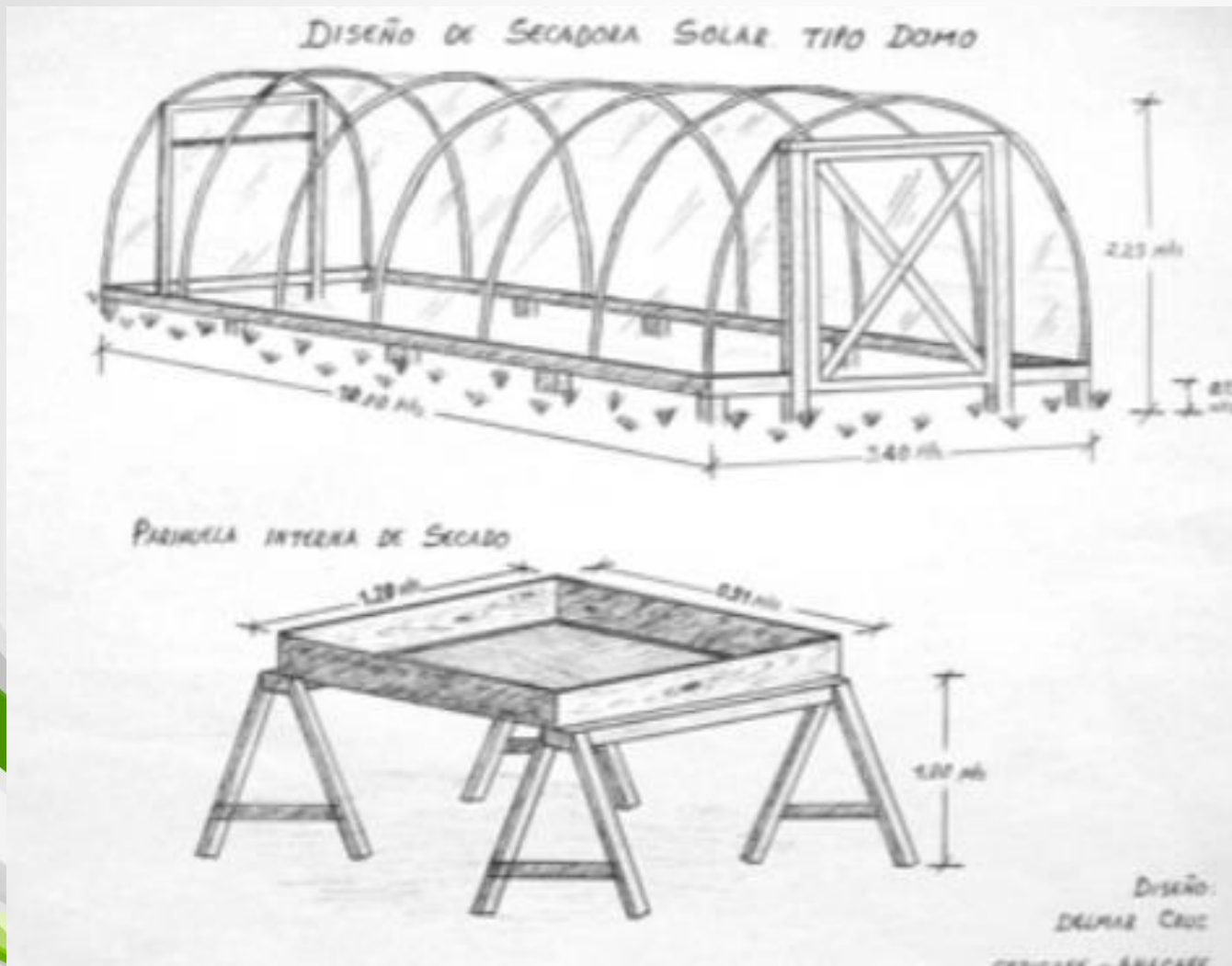


Figura 45: Moviendo secado en granos.  
Fuente: (Journal of Agriculture and Environment for International, 2010).

D-

Casa de secado con material transparente.



# Casa de secado a dos aguas



Ésta es una especie de caseta, que tienen el esqueleto de madera y está forrada con plástico transparente. El piso del túnel de secado, es de concreto para disminuir la humedad del ambiente.

Figura 46 : Casa túnel secado.  
Fuente: (Journal of Agriculture and Environment for International, 2010)





Figura 47: Bandejas de secado.  
Fuente: (Cacaomóvil, 2020).





Durante el secado al sol, los granos se colocan en plataformas de madera, en capas de 5 a 7 cm de grueso. Los granos se mueven constantemente, para alcanzar un secado uniforme, separar los granos e impedir que se peguen entre sí y evitar el crecimiento de moho.

Figura 48: Moviendo secado en granos .  
Fuente: (Cacaomóvil, 2020).

# Prototipo de secadora tipo túnel, con techo policarbonato.



Figura 49. Secadora túnel con policarbonato.

Fuente: (CENICAFE, 2006).



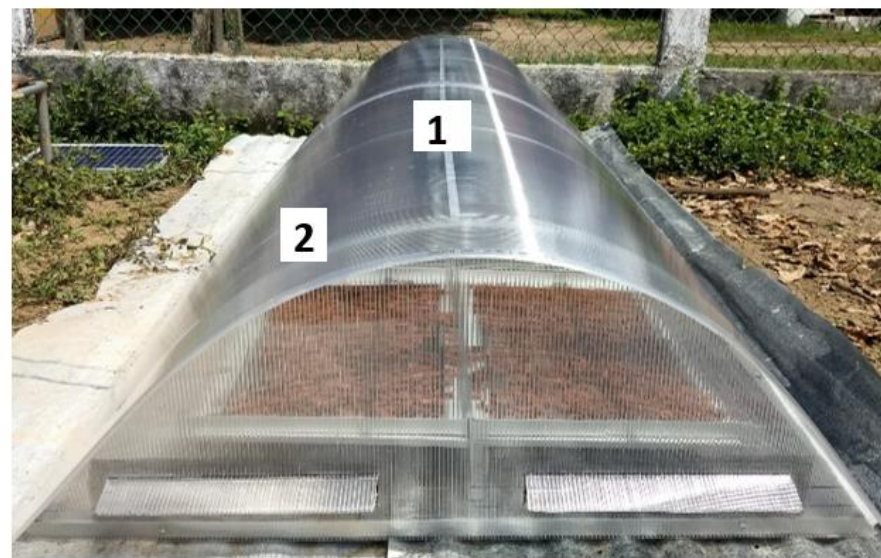


Figura 50 y 51. Secadora túnel con policarbonato y bandejas .  
Fuente: (CENICAFE, 2006).



**Prototipo diseñado en Colombia  
para secar, que podría adaptarse a  
cacao.**



El secadero parabólico es otro invento de CENICAFÉ. Consiste en una malla móvil en la que se vierte el café, y una cubierta parabólica de plástico concentra el calor.

Figura 52. Secadora de Colombia, por CENICAFE.  
Fuente: (Marioabr, 2015).

# Terminación del secado

Una vez que se comprueba, que el cacao está seco, se limpia de cuerpos extraños como: cortezas de mazorca, trocitos de madera, hojas y otros. Luego se separan los granos partidos, granos vanos o pasillas y los defectuosos, que desmeriten la buena calidad. Esta labor se hace generalmente a mano, ayudándose con una zaranda (selección).

Fuente: (FEDECACACO, 2020)

# Medición manual del contenido de humedad del grano.

Manualmente y con mucha experiencia se puede tener una idea, del contenido de humedad del cacao. Agarrando un puño con la mano y moviéndolo, si se da un crujido entre granos , se podría decir, que el fruto esta, entre un 6 a 7,5 %.

Para ello, se debe medir en el proceso de secado, así va controlando ese sonido.



**Algunos equipos que pueden usarse, para control de secado.**

# Medidor de temperatura



Figura 53. MINI TERMÓMETRO DE PENETRACIÓN CON SONDA .  
Fuente : (humidimetros.com, 2020).

# Medidor de temperatura y humedad relativa del ambiente



Figura 54. Medidor de humedad del ambiente y humedad relativa.  
Fuente : (Fainca-group.com, 2020).

# Medidor de contenido de humedad del grano



Figura 55. Medidor de contenido de humedad Gehaka .  
Fuente (GEHAKA, 2020).



# Bibliografía

- Cacaomóvil. (2020). *COSECHA, FERMENTACIÓN Y SECADO DEL CACAO*. Obtenido de <http://www.cacaomovil.com/guia/8/contenido/principal-uso/>
- CENICAFE. (Noviembre de 2006). *Secador solar de tunel para cafe pergamino*. Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0353.pdf>
- Coexca. (2017). *Guia de buenas practicas de cosecha, fermentación y secado para la producción de cacaos especiales*. Obtenido de [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia\\_de\\_buenas\\_practicas\\_de\\_poscosecha.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Colombia/Documents/Guia_de_buenas_practicas_de_poscosecha.pdf)
- Coffee Media. (27 de Marzo de 2019). *Interesante sistema para el secado del café* | Coffee Media. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=MlZepWRiiw8>

- DINAMIX Ltda. (2020). *ENEFICIADEROS DE CAFÉ Y CACAO*. Obtenido de <http://dinamix.co/productos-y-servicios/obras-civiles-agropecuarias/beneficiaderos-de-cafe-y-cacao-2/>
- El Agricultor TV. (20 de Octubre de 2016). *Marquesina artesanal, para secar cacao nacional en campo, para pequeños y grandes agricultores*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=hJbXrgQdlF4>
- Fainca-group.com. (2020). *Medidor de humedad relativa y temperatura Fluke 971*. Obtenido de <https://fainca-group.com/producto/medidor-de-humedad-relativa-y-temperatura-fluke-971/>
- FAO. (s.f.). *Características físicas de los productos*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/x5041s/x5041S09.htm>
- FEDECACACO. (2020). *Secado de cacao*. Obtenido de <https://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/>

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (marzo de 2006). *https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/380/1/avt0345.pdf*. Obtenido de <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/380/1/avt0345.pdf>
- freepik. (s.f.). *aire seco*. Obtenido de <https://www.freepik.es/search?dates=any&format=search&page=1&query=aire%20seco&sort=popular>
- Fundación Celestina Pérez de Almada . (2005). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes*. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000156206>
- GEHAKA. (2020). *Medidor de humedad de granos portátil G650i*. Obtenido de <https://www.gehaka.com.br/es/productos/linea-agricola/medidor-de-humedad-de-granos-portatil/g650i>

- Humidimetros.com. (2020). *MINI TERMÓMETRO DE PENETRACIÓN CON SONDA DE 213 MM*. Obtenido de <https://humidimetros.com/temperatura/178-mini-termometro-de-penetracion-con-sonda-de-213-mm.html>
- Jordi Besora Magen. (s.f.). *Secador solar de cafe*. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/04/Informe-t%C3%A9cnico-secador-solar-de-caf%C3%A9.pdf>
- Journal of Agriculture and Environment for International. (2010). *Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo* . Obtenido de <https://www.originicaffe.it/doc/15-84-1-pb.pdf>
- MAG. (2013). *Tecnología moderna en la producción de cacao*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10551.pdf>



- Marioabr. (18 de Marzo de 2015). *Beneficio y secado ecológico del café*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=5bxOIHA49-M>
- Sara Sadler / Alamy Foto de stock. (14 de Mayo de 2019). Obtenido de <https://www.alamy.es/cacao-en-grano-sobre-un-fondo-blanco-image246723344.html>
- Juan Gonzalo Ángel / Juan Gonzalo Ángel. (16 de Enero de 2018). *Proceso de Cosecha y Beneficio del Cacao - TvAgro*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=BOGWZWfrxHw>

# Muchas gracias



Figura 56. Productor de cacao Florentino Amador de la zona de San Vito de Coto Brus .