

## EL HORNO METALICO TRANSPORTABLE

Sayra Navas O\*

*En Costa Rica existe alguna experiencia en la construcción, manejo y uso del horno metálico transportable en la producción de carbón vegetal; sin embargo, poco se ha publicado al respecto.*

*De acuerdo con la literatura, las técnicas de carbonización que involucran el uso de hornos como el metálico transportable, son más eficientes en cuanto a la calidad y a la cantidad de carbón vegetal producido y constituyen una opción para el aprovechamiento de residuos de bosque natural o de plantaciones forestales.*

*El presente trabajo es una recopilación de información relativa a la constitución de los modelos de hornos metálicos transportables más conocidos y algunas experiencias de su construcción en Costa Rica.*

### INTRODUCCION

La producción de carbón vegetal en los países subdesarrollados es una antigua tradición y Costa Rica no es una excepción. Por ejemplo en regiones como el Cerro de la Muerte en las poblaciones de El Empalme, Villa Mills, Santa María de Dota y San Gerardo; en San Carlos; en Guápiles y en los Manglares del Pacífico Sur entre otras, se ha empleado el tradicional método de producción de carbón vegetal, en carboneras de tierra, de hoyos. Esta técnica<sup>1, 2, 3, 4</sup> consiste en hacer un agujero en la tierra de tamaño variable, con la entrada de aire restringida el agujero en que se quema la madera, se cubre con una capa de tierra. El control

del proceso es limitado y se obtienen bajos rendimientos. Además, el carbón producido es de calidad variable, con altos contenidos de humedad y de finos, contaminado con cantidades considerables de tierra, piedras y otras impurezas.

En un estudio sobre técnicas de carbonización en los robledales de la Cordillera de Talamanca<sup>1</sup>, se obtuvieron resultados que sugieren que el uso del método tradicional de producción de carbón con carbonera de hoyo, conduce a una explotación excesiva del bosque y no genera ganancias atractivas. Concluye también que el uso del horno metálico transportable (HMT) para la producción de carbón, reduce el impacto ambiental.

Entre las principales fuentes de madera para la producción de carbón vegetal en Costa Rica se encuentran especies de bosque natural. Esto es un peligro para la sobrevivencia del bosque, si la actividad productiva no se realiza bajo los controles silviculturales, ecológicos y legales necesarios<sup>1, 2, 4</sup>.

En Costa Rica, hasta 1990, se habían reforestado un total de cuarenta y nueve mil ciento tres hectáreas por diferentes vías o incentivos, tal y como se describe en el Cuadro 1.

Con base en los datos del Cuadro 1 y conociendo que algunas de estas plantaciones se establecieron desde hace

\* M. Sc.  
Química  
profesora-  
investigadora  
en el  
Departamento  
de Química,  
ITCR.

CUADRO 1. Número de hectáreas reforestadas en Costa Rica por diferentes vías o incentivos al año 1990<sup>5</sup>.

Vía o incentivos	Número de hectáreas reforestadas	% del total
Deducción sobre impuesto de la renta	30744	62,6
Incentivos del Certificado de Abono Forestal (CAF)	9591	19,5
Fondo de Desarrollo Forestal (FDF)	3900	7,9
Certificado de Abono Forestal (CAF) por adelantado	3000	6,1
Créditos blandos	1500	3,1
Fondos de Organismos y Municipalidades	368	0,8
<b>TOTAL</b>	<b>49103</b>	<b>100%</b>

más de diez años, se deduce que en Costa Rica se está generando una cantidad considerable de residuos forestales, producto de intervenciones silviculturales intermedias.

Un estudio<sup>7</sup> del Banco Mundial, acerca de la utilización de residuos forestales en Costa Rica, concluye que la fabricación de carbón vegetal para exportación es rentable, siempre y cuando se cumpla, entre otros, con las siguientes condiciones:

- La fuente de producción del carbón debe ser renovable.
- La calidad del carbón debe ser adecuada para entrar en los mercados de exportación.

La posibilidad de producir carbón a partir de árboles que provienen de raleos o aclareos de plantaciones forestales, permitiría cumplir con la primera de las anteriores condiciones. La segunda condición se cumpliría modificando las técnicas actuales para obtener carbón de mejor calidad.

Los hornos metálicos transportables han sido estudiados, porque son más eficientes que los métodos tradicionales de producir carbón vegetal, y su utilización es ideal en países subdesarrollados, donde existen programas que organizan apropiadamente la reforestación y los raleos o aclareos<sup>9, 10</sup>.

En las recomendaciones del informe **Evaluación técnica de la producción de carbón vegetal**, Meza<sup>8</sup> concluye que, por su eficiencia, "el horno metálico transportable puede ser una buena opción para la utilización de residuos de maderero o productos de primeros raleos de plantaciones".

#### EL HORNO METALICO TRANSPORTABLE (HMT)

Se entiende por horno metálico transportable (HMT) cualquier dispositivo de carbonización cilíndrico, que disponga de entradas-salidas de aire en la base y dividido en secciones que permitan su transportabilidad.

Debido a su tamaño y forma cilíndrica, el HMT es fácilmente rodado

*Entre las principales fuentes de madera para la producción de carbón vegetal en Costa Rica se encuentran especies de bosque natural. Esto es un peligro para la sobrevivencia del bosque, si la actividad productiva no se realiza bajo los controles silviculturales, ecológicos y legales necesarios*

de un sitio a otro, siguiendo las operaciones de raleo, acortando así la distancia de transporte de la madera; además promueve el aprovechamiento de madera, que normalmente se dejaría pudrir en el bosque o que se quemaría ineficientemente<sup>9, 10</sup>. Otras ventajas del HMT en el campo<sup>10</sup>, son la facilidad para controlar el proceso, la rapidez de carbonización que resulta del enfriamiento rápido y el mayor rendimiento de carbón. Las principales desventajas del HMT son su costo y la necesidad de entrenamiento en su manejo y uso.

Un estudio realizado en Costa Rica<sup>1</sup>, demostró que para producir una misma cantidad de sacos de carbón con una carbonera de tierra, se necesita un período de carbonización y enfriamiento dos veces mayor. En relación con el rendimiento de la producción de carbón, este estudio encontró rendimientos de carbón producidos con el HMT, menores que los producidos con la carbonera de tierra. Sin embargo, como lo señala Pedroni, la diferencia en rendimiento no se puede atribuir exclusivamente al tipo diferente de horno e indica, basado en la literatura, que para poder comparar los rendimientos de la producción de diferentes tipos de hornos, se debe elaborar un diseño experimental que permita controlar: carbonero encargado, materia prima, época del año y sitio. Actualmente se está realizando un estudio en ese sentido, cuyos resultados serán publicados pronto<sup>11</sup>.

El estudio de **Producción de carbón vegetal en Costa Rica, situación y perspectivas**, indica que los rendimientos obtenidos con hornos metálicos transportables, son comparables a los obtenidos en unidades de carbonización fijas más grandes<sup>4</sup>.

#### PRINCIPALES HORNOS METALICOS TRANSPORTABLES DESCRITOS EN LA LITERATURA

Los hornos metálicos transportables descritos en la literatura son de dos tipos<sup>12</sup>:

el tipo Bonnechaux (Biplex 85) y el tipo Mark V (Magnien o TPI).

#### El horno tipo Bonnechaux<sup>12</sup>

El horno tipo Bonnechaux (Figura 1) tanto en su versión originalmente concebida en 1939, como en su versión moderna Biplex 85, es un HMT de acero laminado ordinario (espesor 1,5 mm), compuesto por cuatro cilindros. La admisión de aire se hace por medio de ocho respiraderos con tapa ajustable y la evacuación del humo, se hace por medio de una chimenea telescópica a flujo variable. El cilindro inferior es de doble pared para permitir la entrada de parte del aire de combustión y para garantizar la distribución homogénea del aire en la carga. Su capacidad es de 8 m<sup>3</sup> y la pieza de mayor masa es de 80 kg. El cierre hermético de sus componentes se asegura sellando con algún material arcilloso. Es imposible recuperar el denominado líquido piroleñoso, que es una mezcla de agua y de la fracción de gases condensables obtenidos en la carbonización.

#### El horno tipo Mark V

El horno tipo Mark V, (Magnien o TPI)<sup>9, 10, 12, 13, 14, 15</sup> es un sistema de carbonización compuesto de un contenedor metálico (Figuras 2 y 3) constituido por dos o más cilindros empotrados, con un techo cónico que funciona con tiro invertido y que tiene ocho entradas de aire-salidas de humo dispuestas en la base del horno. La forma del horno puede ser: cilíndrica, de tronco de cono o con base poligonal. El horno más difundido es el cilíndrico. Su capacidad puede variar de 4 a 12 m<sup>3</sup> y la hermeticidad del ensamble es asegurada utilizando arena, tierra fina o arcilla. El líquido piroleñoso no se recupera.

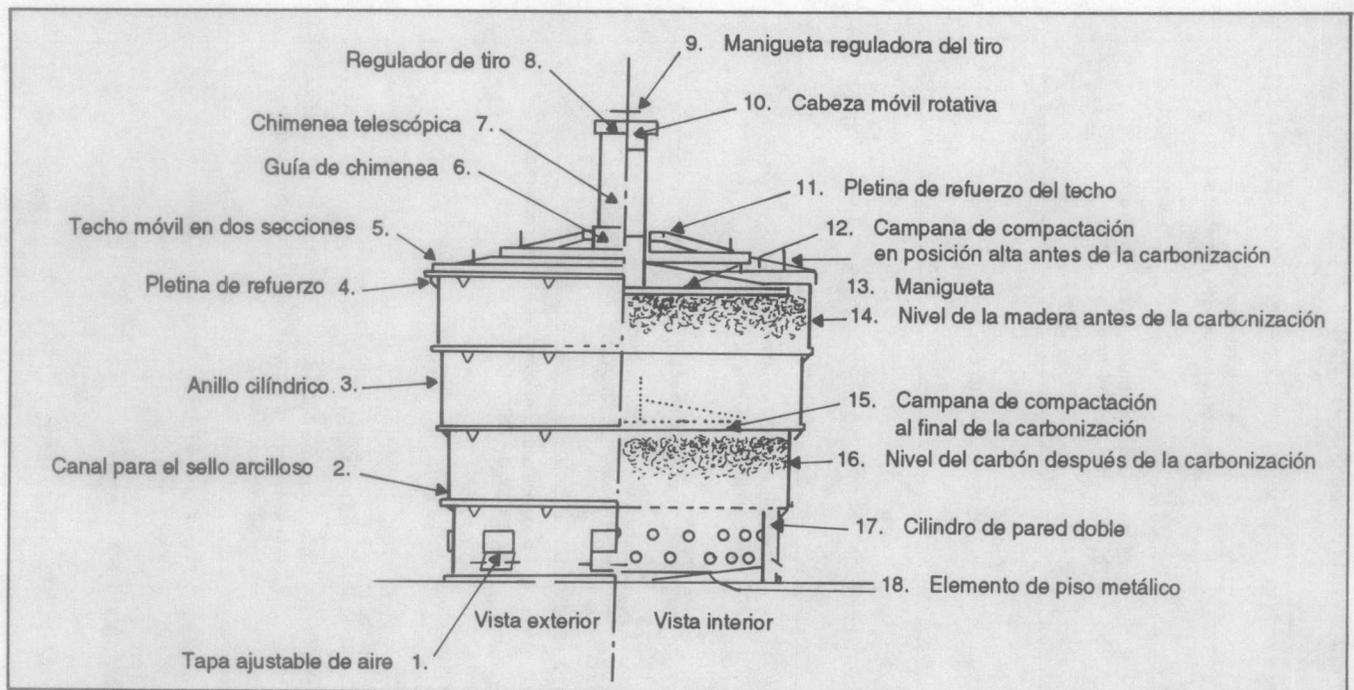


FIGURA 1. Esquema del HMT Tipo Bonnechaux (Biplex 85) <sup>12</sup>.

Con excepción de la versión de "horno metálico portátil" del Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI)<sup>16</sup>, a la que se hará referencia más adelante, todos los modelos de hornos metálicos transportables construidos en Costa Rica, tienen gran relación con el prototipo inglés denominado Mark V.

El Cuadro 2 resume detalles constructivos de los diagramas de modelos de hornos metálicos transportables más conocidos: el TPI<sup>9, 10</sup> y el Mark V<sup>12, 13</sup>.

Dada la importancia en Costa Rica de este tipo de horno, se incluyen las Figuras 4 a 18, que ilustran detalles constructivos<sup>9, 10, 12, 13, 14, 15</sup> respecto de diferentes opciones para el entrecierre entre las secciones empotradas (Figuras 4, 5 y 6); para la tapa del horno (diagramas 7, 8, 9, 10, 11) para las entradas de aire-salidas de humo (diagramas 12, 13, 14, 15) y para los borde angulares (Figuras 16, 17 y 18).

## HORNOS METÁLICOS TRANSPORTABLES CONSTRUIDOS EN COSTA RICA

El Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), a través de su anterior Centro de Investigación en Energía, ha sido pionero en Costa Rica en la construcción, manejo y uso del HMT. En 1986<sup>17</sup>, por medio de un proyecto conjunto Dirección Sectorial de Energía del Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas - Instituto Tecnológico de Costa Rica, se construyó el primer HMT en Costa Rica, para ser utilizado en el Asentamiento Campesino El Indio\*. Este es un modelo similar al TPI<sup>9, 10, 12, 13, 14</sup>, pero construido con materiales como los descritos en el Cuadro 3. El segundo HMT<sup>18</sup> construido por el ITCR es un

\* Asentamiento Campesino El Indio: es un asentamiento del Instituto de Desarrollo Agrario, ubicado en Guápiles, Provincia de Limón, donde existe una cooperativa de autogestión de parceleros.

CUADRO 2. Detalles constructivos de los modelos de hornos metálicos transportables más conocidos, TPI y Mark V<sup>ns</sup>.

Sección de horno	Número(s) de Diagrama(s)	Horno TPI Material de construcción y dimensiones		Material de construcción y dimensiones
		Versión original 1979 (10)	Versión modificada 1980 (9)	
Cilindro inferior	2	Lámina de acero de 2 mm (14 g) resistente al calor y a la corrosión $\phi_1 = 2320$ mm, $h_1 = 910$ mm	Lámina de acero de 3 mm (10 g) $\phi_1 = 2320$ mm, $h_1 = 900$ mm	Lámina de acero resistente al calor y a la corrosión* $\phi_1 = 2320$ mm, $h_1 = 900$ mm
Cilindro superior	2	Lámina de acero de 2 mm (14 g) $\phi_2 = 2320$ mm, $h_2 = 760$ mm	Lámina de acero de 2 mm (14 g) $\phi_2 = 2320$ mm, $h_2 = 800$ mm	* Idem $\phi_2 = 2320$ mm, $h_2 = 760$ mm
Cubierta o tapa cónica	2, 7	Ver Diagrama 7 Lámina de acero de 1,2 mm (18 g) $\phi_3 = 2300$ mm, $h_3 = 400$ mm	Lámina de acero 2 mm (18 g) $\phi_3 = 2260$ mm, $h_3 = 460$ mm	* Idem $\phi_3 = 460$ mm
Entradas aire/Salidas humo	2, 12, 13	Ver Diagrama 12, $l = 700$ mm $a = 200$ mm, $h = 100$ mm	Ver Diagrama 13 $a = 500$ mm $a = 200$ mm, $h = 100$ mm $a_1 = 50$ mm, $h_1 = 150$ mm, $\phi = 120$ mm	Ver Diagrama 12, $l = 700$ mm $a = 150$ mm, $h = 90$ mm
Chimenea	2	$\phi_4 = 130$ mm, $h_4 = 2400$ mm	Lámina de acero de 1,6 mm (16 g) $\phi_4 = 130$ mm, $h_4 = 2400$ mm	Lámina de acero galvanizado $\phi_4 = 100$ mm, $h_4 = 2300$ mm
Borde angular de hierro	16, 17, 18	No especificado, posiblemente similar a la versión modificada del TPI	Angular de hierro 50 x 50 x 6 RSA Ver Diagrama 17, 18. Soldado a los bordes superiores internos de los dos cilindros Un tercer angular 50 x 50 x 6 RSA soldado en la parte de afuera del borde inferior del cilindro inferior Diagrama 16	No especificado, posiblemente similar a la versión modificada del TPI
Sistemas de entrecierre	4, 5	Ver Diagrama 5, Sección 1 y 2	Ver Diagrama 5, Sección 1 y 2	Ver Diagrama 4, Sección 1. Por medio de canaletas exteriores en los que cabe el segundo cilindro y la tapa $h = 50$ mm, $a = 50$ mm
Posibles formas de la tapa cónica	7, 8, 9, 10	Ver Diagrama 7. Un solo agujero en el centro $\phi = 350$ mm	Ver Diagramas 8, 9. Cuatro agujeros igualmente espaciados de $\phi = 150$ mm A los que se suelda cuello $\phi = 200$ mm de pletina de 3 mm x 50 mm. Cada cuello tiene una tapa: ver Diagrama 10 $\phi_2 = 190$ mm y $\phi_3 = 140$ mm	Ver Diagrama 7. Un solo agujero en el centro $\phi = 350$ mm

1. Cilindro inferior
2. Cilindro superior
3. Tapa cónica
4. Entradas de aire/Salidas de humo, 8 en total
5. Chimeneas, cuatro en total
6. Borde angular de hierro

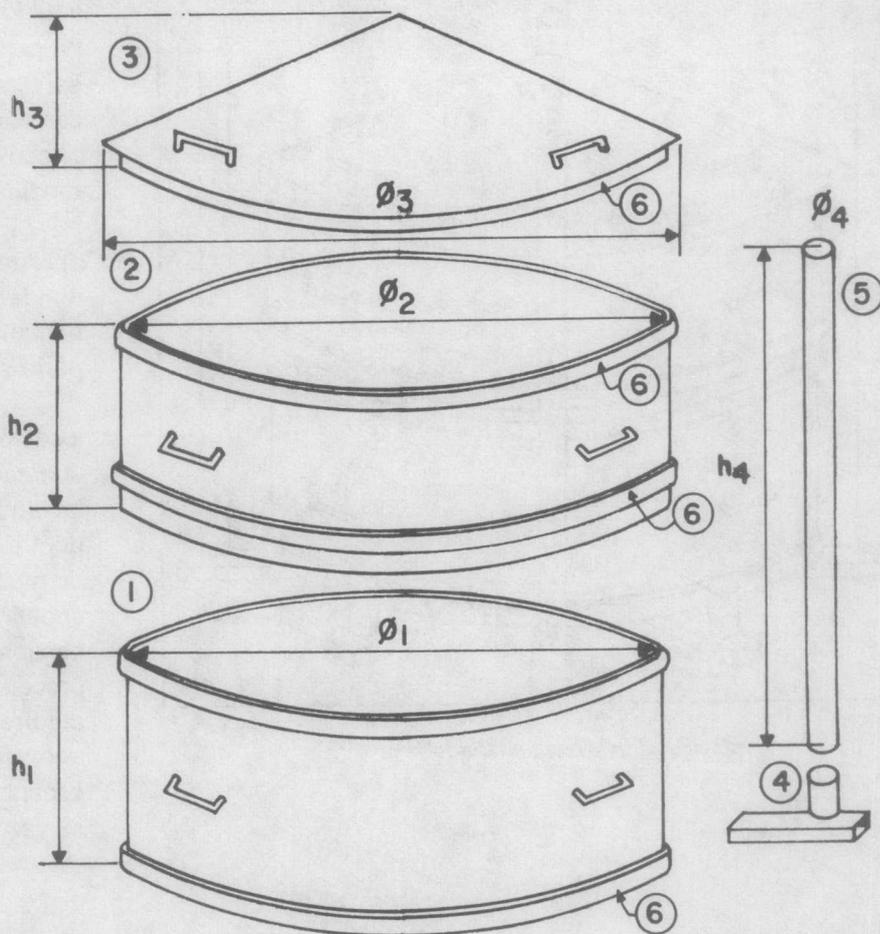


FIGURA 2. Principales partes de un HMT<sup>9,10,12,13,14,15</sup>.

modelo similar a los modelos TPI y Mark V, descritos en el Cuadro 2, con la diferencia de que, para facilitar el manejo, está compuesto de tres cilindros en lugar de dos (Figuras 19 y 20 y Cuadro 2).

El proyecto denominado "Manejo y silvicultura de bosques naturales", que desarrolla la Cooperación Suiza de Desarrollo (COSUDE) en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) tiene un subproyecto denominado "Técnicas de producción, calidad y mercado del carbón"<sup>11</sup>, que desarrolla en coordinación con el ITCR. Como parte del desarrollo del subproyecto, se construyó en 1990, un HMT<sup>19</sup> de dos

anillos, similar al TPI y al Mark V, descritos en las Figuras 2 y 3 y Cuadro 1.

Más recientemente, el Asentamiento Campesino El Indio, construyó con fondos de Sweed Forest, dos HMT<sup>20</sup> de dos anillos similar al TPI y al Mark V.

En el Cuadro 3, aparecen detalles constructivos de los HMT arriba descritos.

Además de los HMT descritos en el Cuadro 3, el ICAITI<sup>16</sup> desarrolló en Costa Rica y Guatemala su propia versión del "horno metálico portátil" (Figuras 20 y 21). Esta experiencia no se incluye en el Cuadro 3, puesto que este prototipo, por su diseño (carece de entradas-salidas de aire), más que un horno de carbonización, constituye una retorta de destilación del

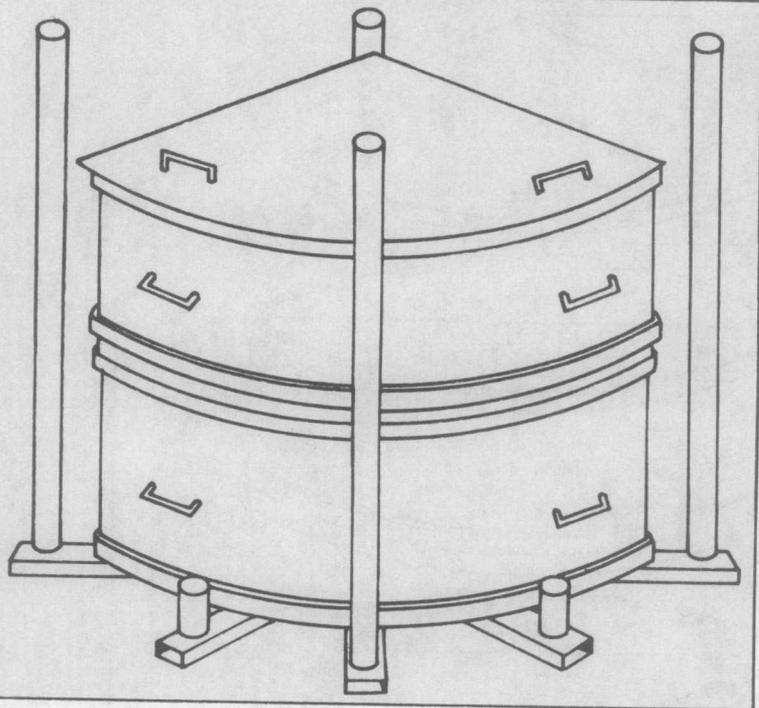


FIGURA 3. HMT ensamblado<sup>10,12,13,14,15</sup>

líquido piroleñoso, lo cual se refleja en las propias conclusiones del estudio que señalan, "el horno metálico produce considerable cantidad de líquido piroleñoso por tanda, pero esto reduce el rendimiento en carbón".

El modelo de ICAITI es un ejemplo del llamado sistema de "tiro directo", donde el aire entra por la base del horno y el humo es directamente evacuado por la parte superior del mismo.

En contraste con el modelo ICAITI, los HMT descritos en los Cuadros 2 y 3, son equipos del llamado sistema de "tiro invertido"<sup>12</sup>, donde el humo se recircula dentro del horno antes de ser evacuado, de modo que no se escapa por la parte superior, sino que redesciende y se escapa por la base del horno. Este procedimiento asegura una especie de autorregulación, de manera que si hay demasiado fuego, el exceso de humo se escapa por las entradas de aire e impide a su vez la entrada de más aire,

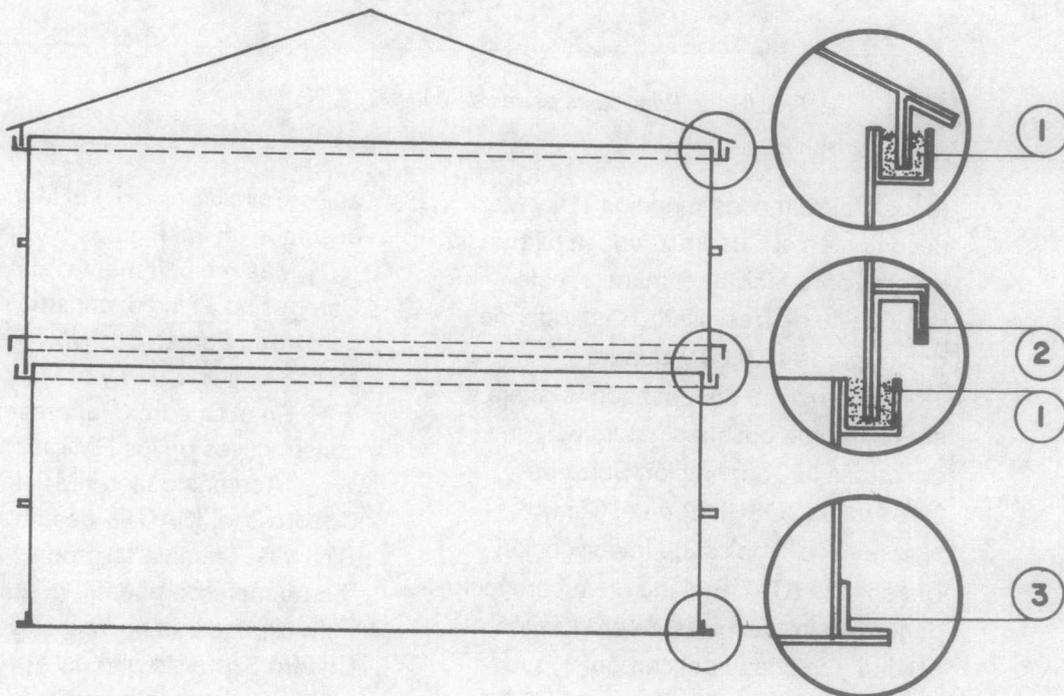


FIGURA 4. Posibles formas de entrecierre entre: cilindros y cilindros-tapa. Angular de la base en un HMT<sup>14</sup>.

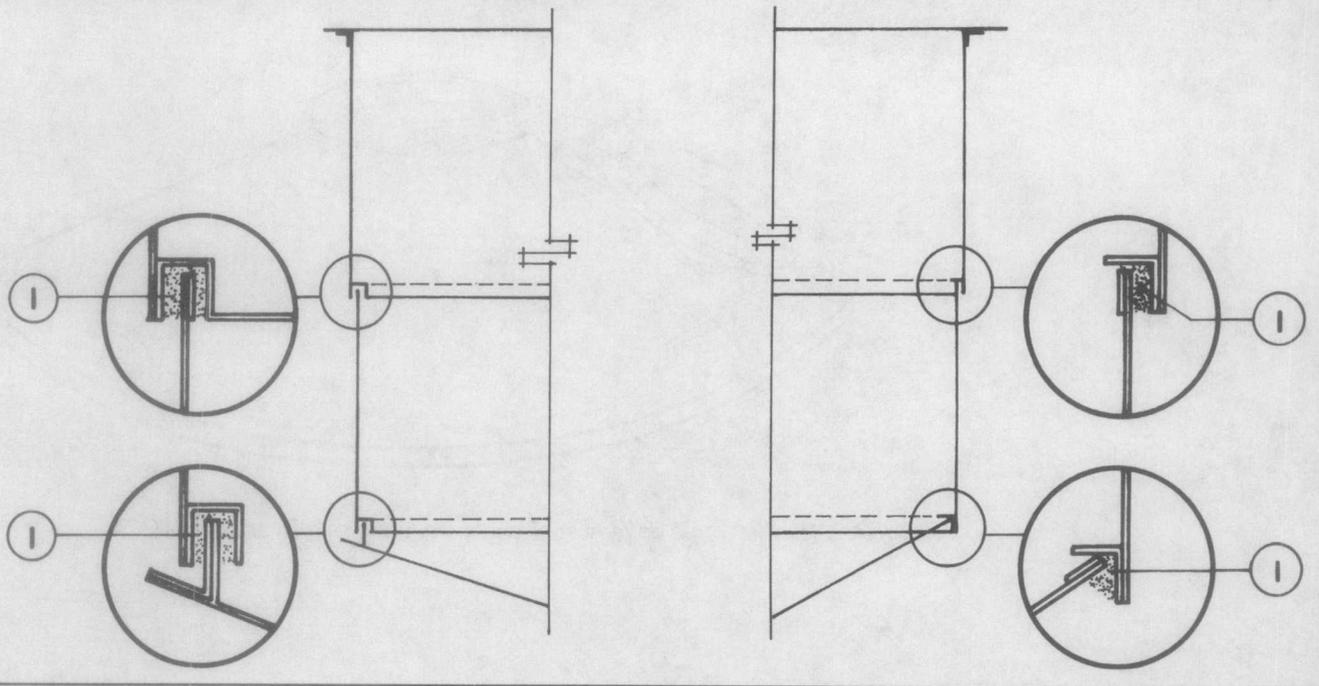


FIGURA 5. Posibles formas de entrecierre entre: cilindros y cilindros-tapa en un HMT<sup>4</sup>.

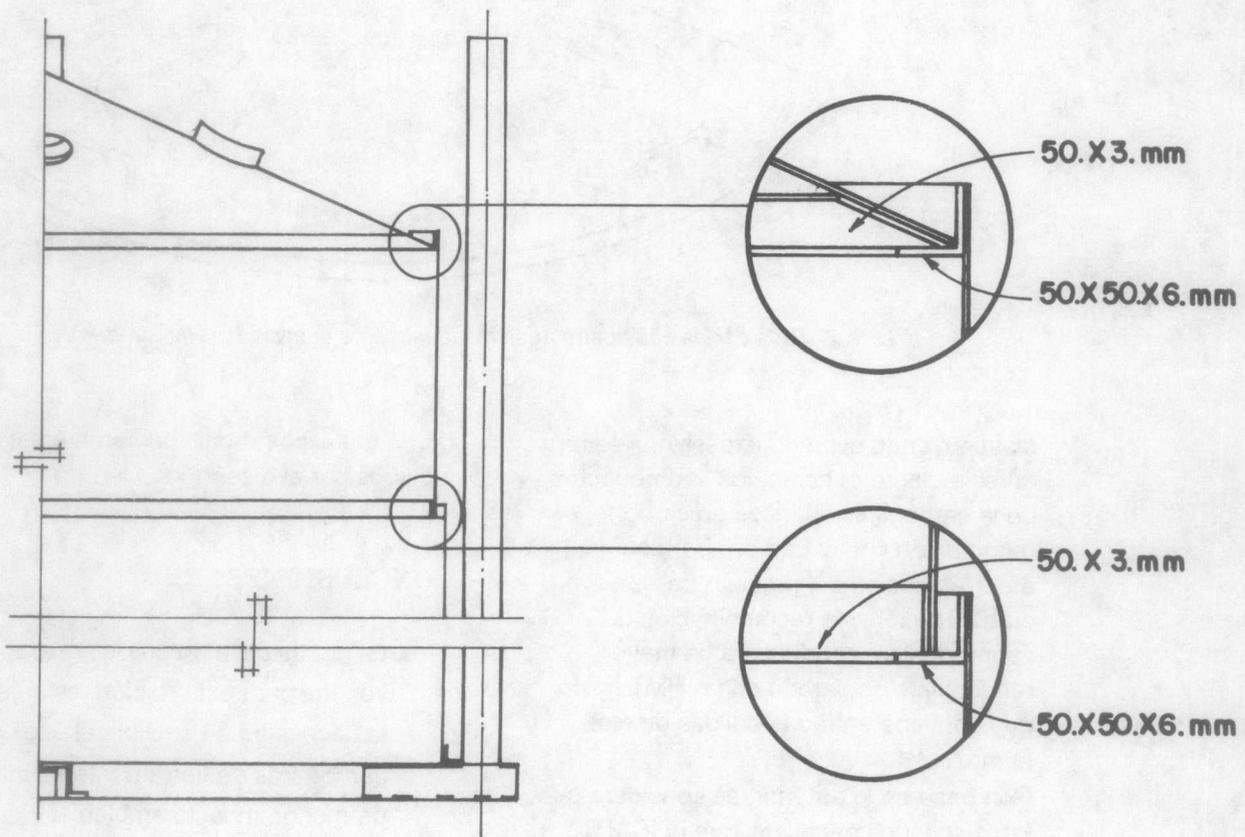
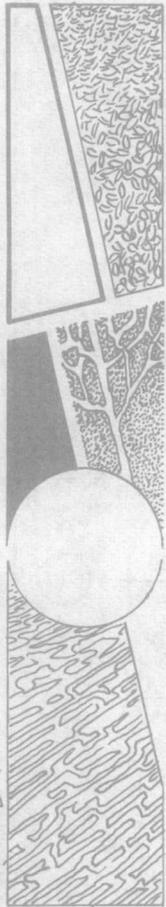


FIGURA 6. Posibles formas de entrecierre entre: cilindros y cilindros-tapa en un HMT<sup>4</sup>.



26 Mayo 92

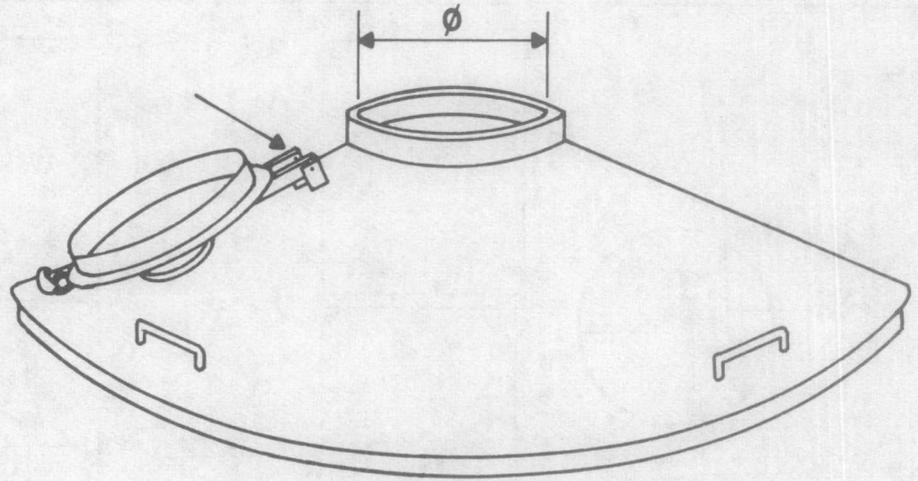


FIGURA 7. Posible forma de tapa cónica con bisagra o sin ella en un HMT<sup>9, 10</sup>.

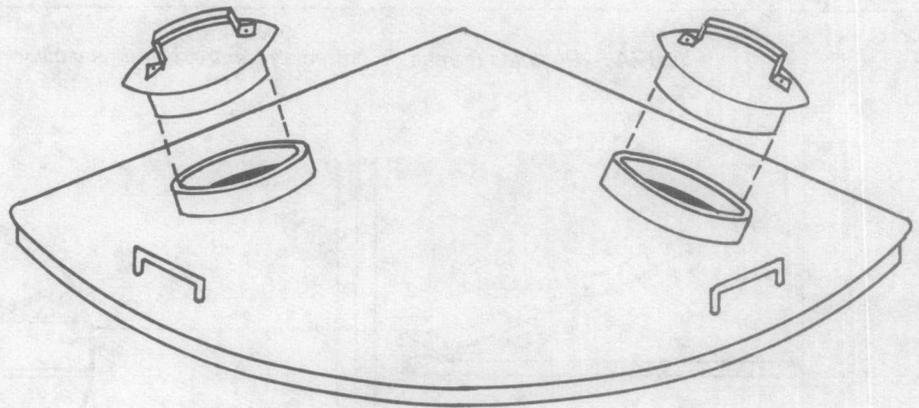


FIGURA 8. Tapa cónica con cuatro agujeros igualmente espaciados HMT, Mark V<sup>9</sup>.

disminuyendo el fuego excesivo. Además, al recircularse el humo, los subproductos de la carbonización, ricos en carbono, se recombinan con el carbón. En resumen, la autorregulación del proceso de carbonización y la recombinación de subproductos, conducen a un mayor rendimiento de carbón en un HMT típico que contiene entradas-salidas de aire-humo.

Con base en lo anterior, se considera que los resultados negativos que el ICAITI obtuvo, en cuanto a la factibilidad de producir carbón vegetal con su modelo de

horno metálico portátil, pudieron estar influidos por el diseño.

## CONCLUSIONES

1. La perspectiva de producir carbón vegetal para exportación, establece la necesidad de sustituir el uso de carboneras de tierra por tecnologías de menor impacto ambiental y que permitan mejorar y controlar el proceso y la calidad del producto.

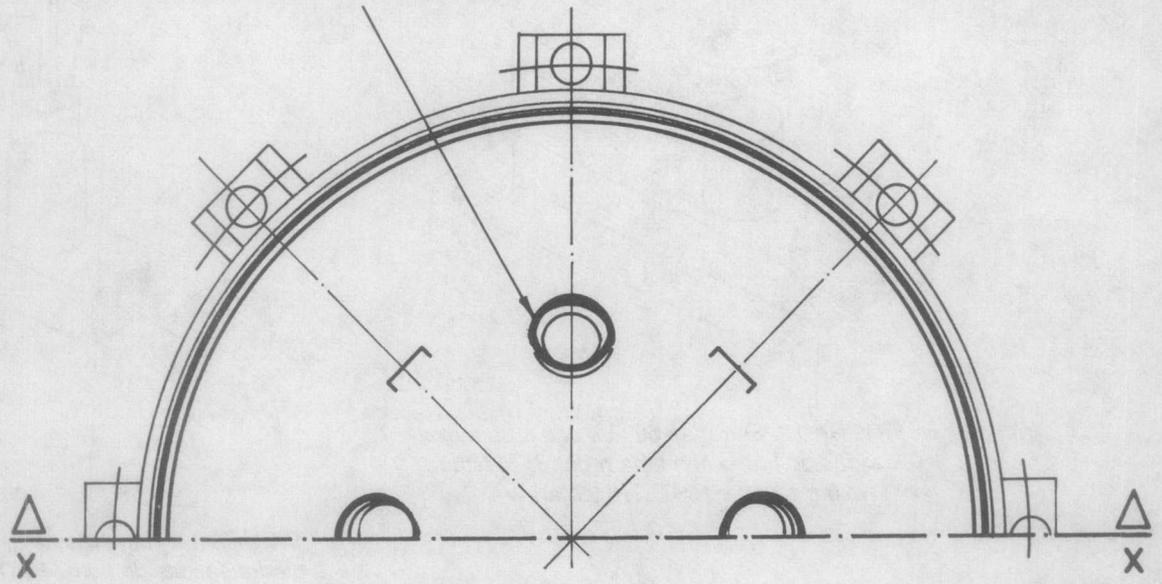


FIGURA 9. Vista superior de tapa cónica con cuatro agujeros,  $\sigma_E = 200 \text{ mm}$ ,  $\sigma_I = 150 \text{ mm}$ . HMT, Mark V<sup>o</sup>.

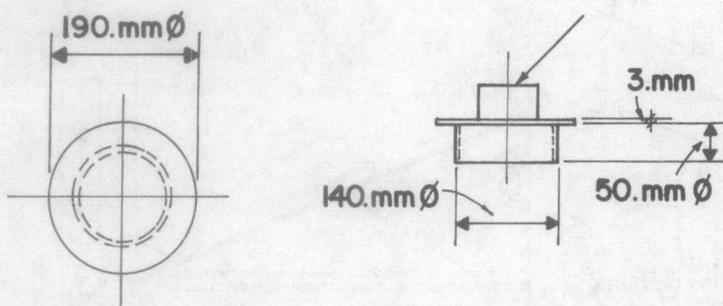


FIGURA 10. Detalle de tapa de registro de agujeros de tapa cónica HMT, Mark V<sup>o</sup>

2. Con respecto de la utilización y ventajas del uso del HMT como técnica de carbonización en Costa Rica, queda mucho trabajo por hacer.
3. El uso del HMT, como técnica para el aprovechamiento de los raleos o aclareos periódicos de plantaciones forestales, en la producción de carbón vegetal, es una opción que debe ser considerada y evaluada.
4. Aún cuando es poca la experiencia,

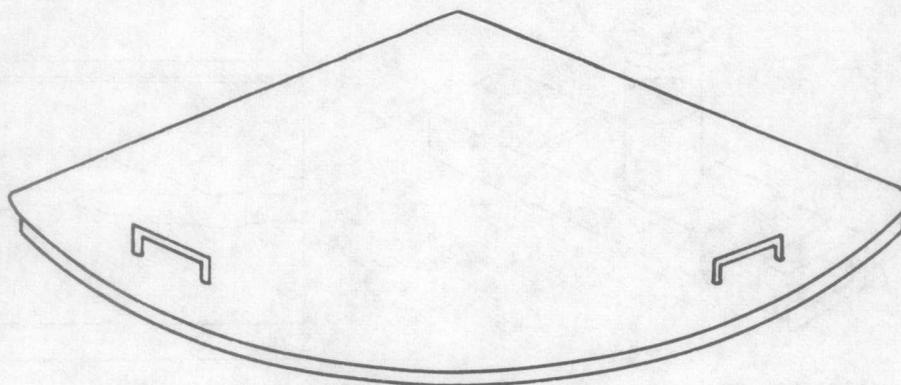


FIGURA 11. Posible forma de tapa cónica.

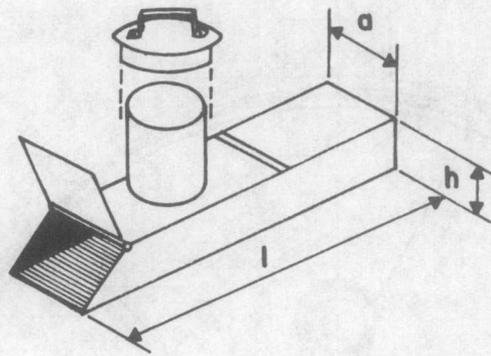
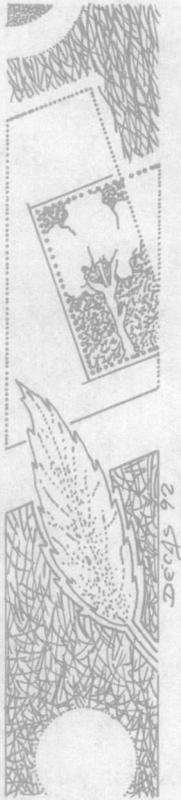


FIGURA 12. Entradas de aire con tapa móvil/  
salidas de humo con tapa redonda ajustada  
externamente HMT, TPI y Mark V<sup>10, 13</sup>.

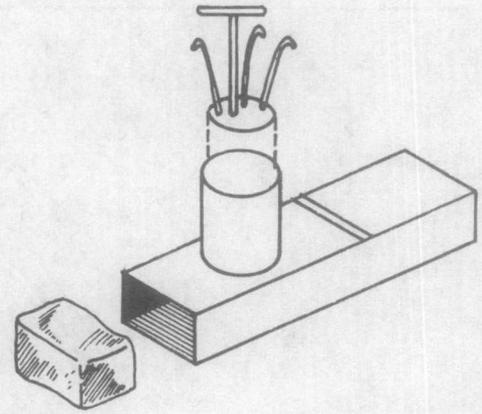


FIGURA 15. Entradas de aire con tapa de  
piedra/salidas de humo HMT con cierre de  
placa metálica sujeta por tres alambres  
doblados<sup>13</sup>.

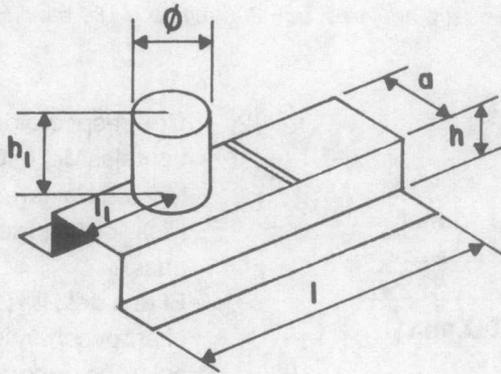


FIGURA 13. Entradas de aire/salidas de humo  
simplificados, cierre: piedra, madera o tierra  
HMT versión modificada del TPI<sup>9</sup>.

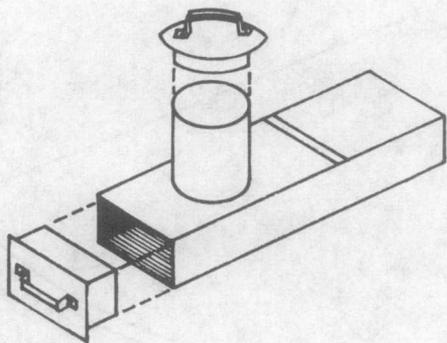


FIGURA 14. Entradas de aire con tapa rectangu-  
lar/salidas de humo con tapa redonda ajustada  
internamente HMT<sup>3</sup>.

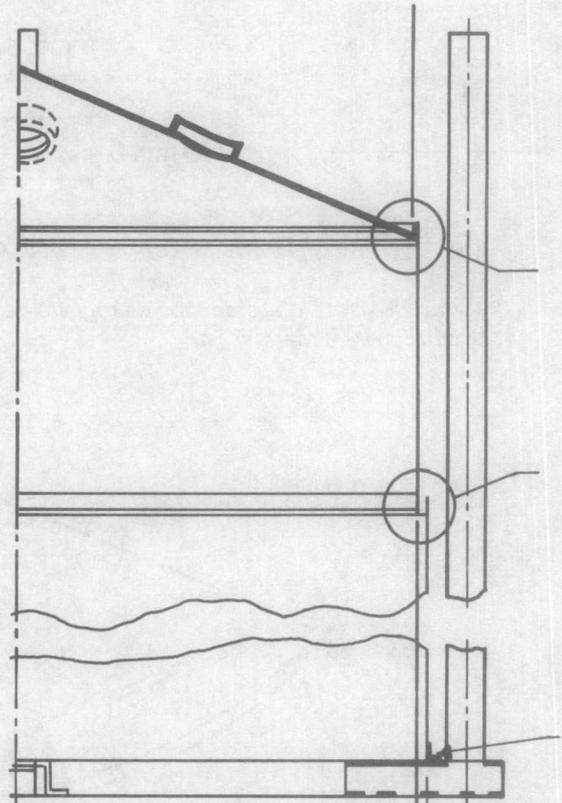


FIGURA 16. Bordes angulares. HMT versión  
modificada del TPI<sup>9</sup>.

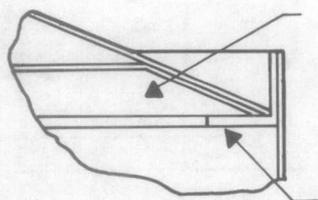


FIGURA 17. Detalle de borde angular en sistema de entrecierre cilindro-tapa HMT versión modificada del TPI<sup>o</sup>.

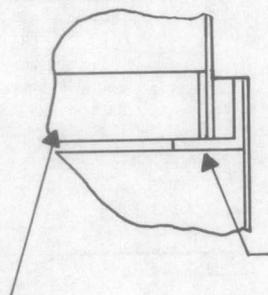
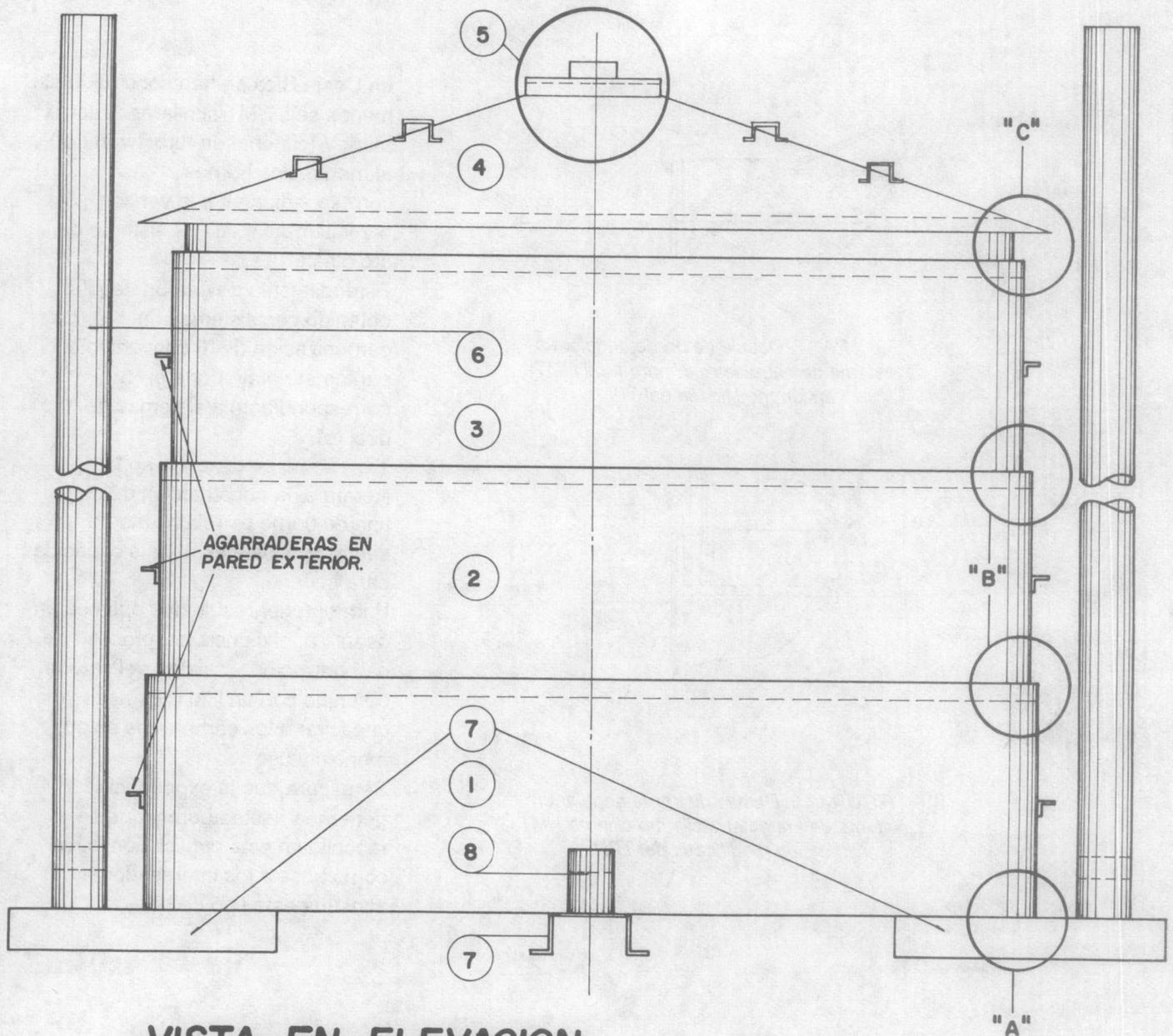


FIGURA 18. Detalle de borde angular en sistema de entrecierre cilindro-cilindro HMT versión modificada del TPI<sup>o</sup>.

en Costa Rica se han construido al menos seis HMT similares al tipo Mark V (sistema de "tiro invertido") y al menos dos hornos correspondientes a la versión particular del ICAITI, ("sistema de tiro directo").

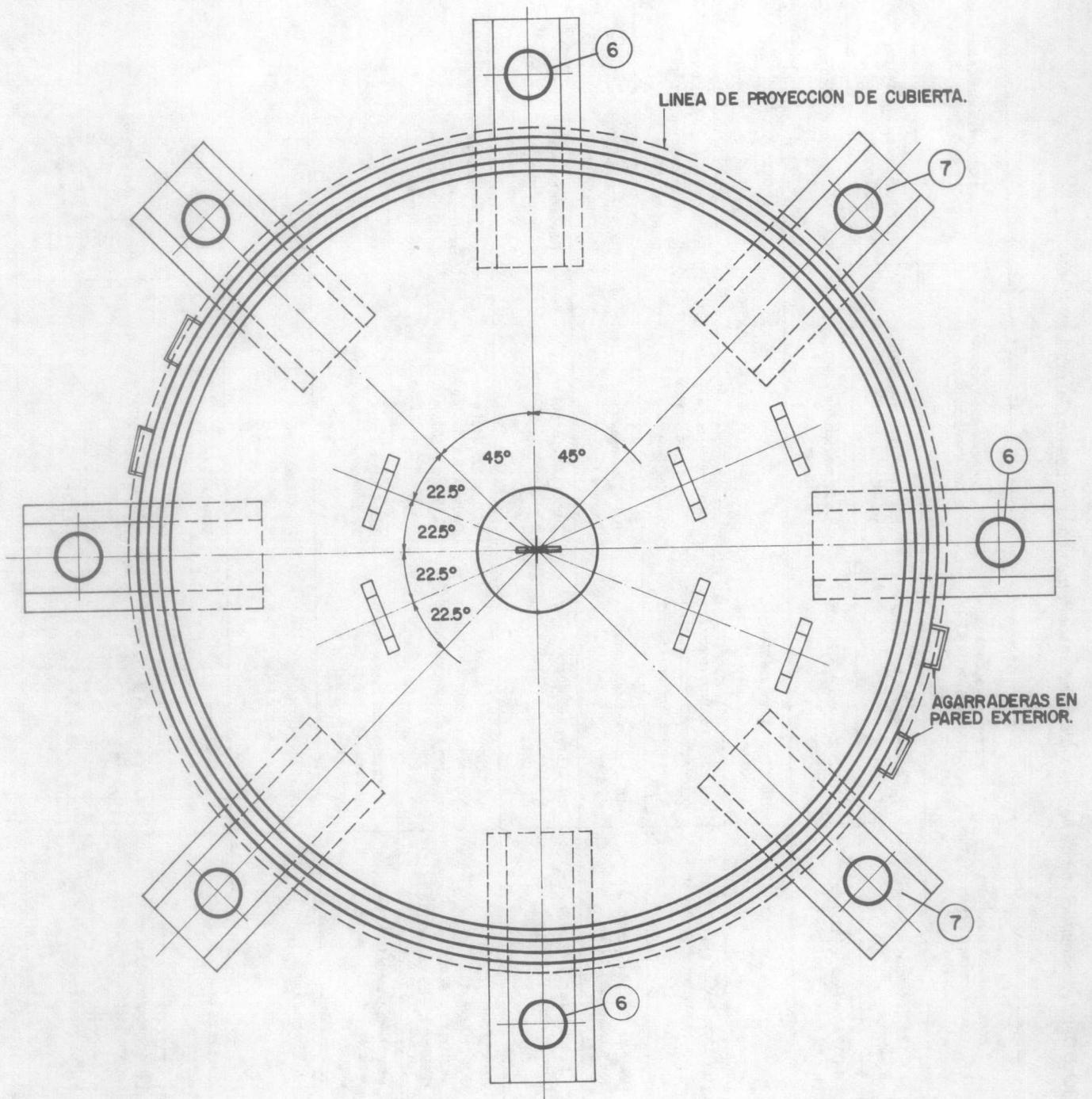
5. El rendimiento de carbón vegetal obtenido con sistemas de carbonización de "tiro invertido", parece ser mayor que el correspondiente a sistemas de "tiro directo".
6. Tal y como se describe en la literatura, la construcción de este tipo de horno es relativamente sencilla y existe en el país capacidad para hacerlo.
7. Para obtener resultados óptimos en cuanto a: eficiencia del proceso de carbonización y calidad del carbón obtenido con un HMT, es necesario capacitar a los carboneros en su manejo y uso.
8. Se espera que la experiencia generada hasta ahora y que se recopila en esta publicación, sirva como base a los interesados en construir este tipo de hornos.



## VISTA EN ELEVACION.

1. Cilindro inferior
2. Cilindro intermedio
3. Cilindro superior
4. Tapa cónica
5. Tapa de registro
6. Chimeneas, cuatro en total
7. Entradas de aire/salidas de humo, ocho en total
8. Tubos de entrada de aire, ocho en total

FIGURA 19. Vista en elevación del HMT de tres cilindros construido por el ITCR en 1987<sup>18</sup>.



**VISTA EN PLANTA.**

*FIGURA 20. Vista superior del HMT de tres cilindros construido por el ITCR en 1987<sup>o</sup>.*

CUADRO 3. Detalles constructivos de hornos metálicos transportables construidos en Costa Rica<sup>17, 18, 19, 20</sup>

Sección del horno	Número de Diagrama	Horno metálico transportable construido por ITCR para COOPEINDIO(17)	Horno metálico transportable construido por ITCR(18)	Horno metálico transportable construido por COSUDE(19)	Horno metálico transportable construido por COOPEINDIO-SWEED FOREST(20)
1. Cilindro inferior	2, 19, 20	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2320$ mm h = 930 mm	H.N. 4,76 mm espesor, $\theta_E = 2320$ mm h = 600 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta = 2000$ mm h = 640 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2240$ mm h = 1050,0 mm
2. Cilindro intermedio	19, 20	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2290$ mm h = 860 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2282$ mm h = 600 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta = 1960$ mm h = 1000 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2210$ mm
2 y 3 Cilindro superior	2, 19, 20		H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2244$ mm h = 600 mm		
3 y 4 Cubierta o tapa cónica	2, 19, 20	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta = 2260$ mm h = (hasta la tapa de registro) 450 mm	H.N. 3,2 ó 2,4 ó 1,2 mm espesor $\theta_E$ (sección soporte de cubierta) = 2206 mm h (hasta la tapa de registro) = 500 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta = 1960$ mm h (hasta el cuello, sin incluir tapa de registro) 380 mm	H.N. 3,2 mm espesor, $\theta_E = 2190$ mm h = (hasta el cuello sin incluir tapa de registro) 460 mm
5 Tapa de registro	7, 19, 20	Diagrama, 19 sección 5 y Diagrama 7 H.N. 3 mm espesor $\theta = 300$ mm	H.N. 3,1 mm espesor, Diagrama 7 $\theta = 350$ mm	H.N. 3,2 mm espesor Diagrama 7	H.N. 3,2 mm espesor Diagrama 7 $\theta = 300$ mm
5 y 6 Chimeneas	2, 19, 20	Tubería de hierro galvanizado de 4 mm espesor h = 2300 mm $\theta = 120$ mm	H.N. = 1,5 mm, h = 2300 m $\theta_E = 127$ mm	Tubo Sch 40, $\theta_E = 114,3$ mm $\theta = 102,3$ mm, h = 2300 mm	Tubería de hierro galvanizado de 4,8 mm de espesor $\theta_E = 127$ mm, h = 2300 mm
4 y 7 Entradas aire/salidas humo	2, 13, 19, 20	H.N. = 3,2 mm Similar a Diagrama 13, a = 205 mm, h = 142 mm l = 550 mm, $h_1 = 153$ mm, $\theta = 120,6$ mm	H.N. 3,2 mm espesor. Similar a Diagrama 13, a = 200 mm, h = 100 mm l = 700 mm, $h_1 = 150$ mm, $\theta = 120$ mm	Tubo Sch 40 $\theta_E = 101,6$ mm Diagrama 13, a = 190 mm h = 100 mm, l = 500 mm h = 100 mm, $\theta_E = 101,6$ mm	H.N. 3, 2 mm espesor. Similar a Diagrama 13 a, = 200 mm h = 100 mm, l = 500, $h_1 = 150$ mm $\theta = 120$ mm
8. Tubo de entrada	113, 19, 20	Tubería hierro galvanizado de 2 mm de espesor Diagrama 13	Tubería hierro galvanizado de 2 mm de espesor Diagrama 13	Tubo Sch 40, $\theta_E = 101,6$ mm. Ver dimensiones en Diagrama 13	Tubería hierro galvanizado de 2 mm de espesor
Tapa de entradas aire/salidas humo y soporte de tapa	12, 14	H.N. 3,2 mm espesor	H.N. 3,2 mm espesor	H.n. 4,76 mm espesor	H.n. 3, 2 mm espesor
Angulares de refuerzo	15, 16, 17	50,8 x 50,8 x 6,4 mm	38,1 x 38,1 x 4,8 mm	38,1 x 38,1 x 4,8	38,1 x 38,1 x 4,8 mm
Pletina de refuerzo	4, 5, 17	Pletina de refuerzo de 50 x 6 mm Diagrama 5, sección 2	Pletina de refuerzo de 38,1 x 3,2 mm Diagrama 4, sección 2	Pletina de refuerzo de 38,1 x 4, 8 mm Diagrama 5, sección 2	Pletina de refuerzo de 38,1 x 3,2 mm Diagrama 17
Soporte para techo	4, 5, 6 15, 16	H.N. 3,2 mm de espesor	H.N. 3,2 mm de espesor	H.N. 3,2 mm	HN 3,2 mm de espesor

H.N.: "Hierro negro": Lámina de acero de bajo carbono sin decapar.

- 1a. Cilindro (H.N.3,2 mm)
- 1b. Cilindro (H.N.3,2 mm)
- 2. Cubierta (H.N. 3,2 mm)
- 3. Ducto para gases de combustión
- 4. Tubo condensador
- 5. Chimenea (H.N. 1,6 mm)
- 6. Baño (H.N.1,6 mm)
- 7. Recolector de líquidos

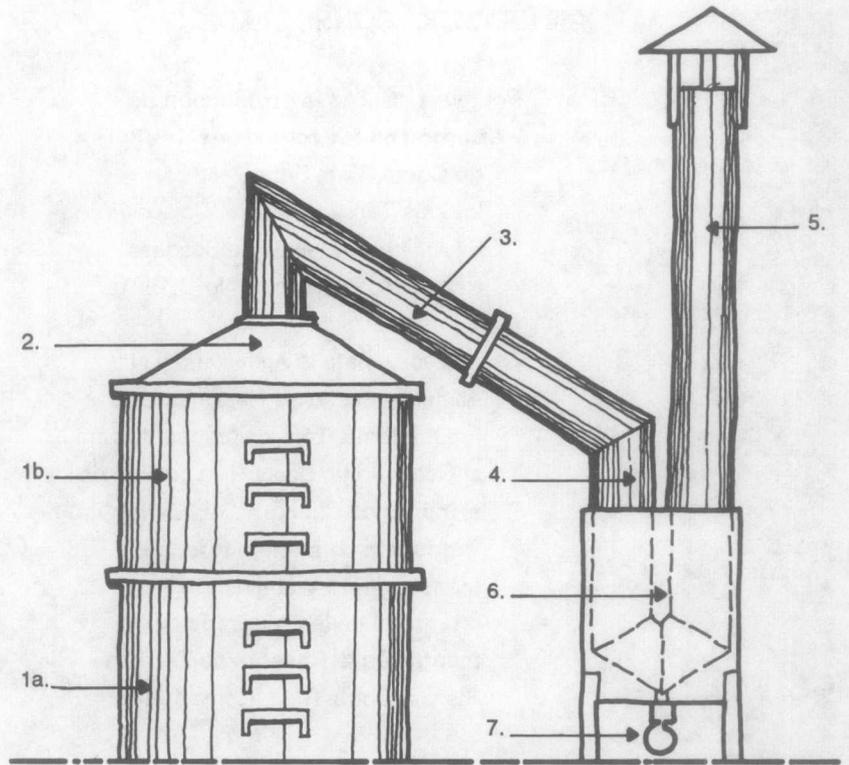
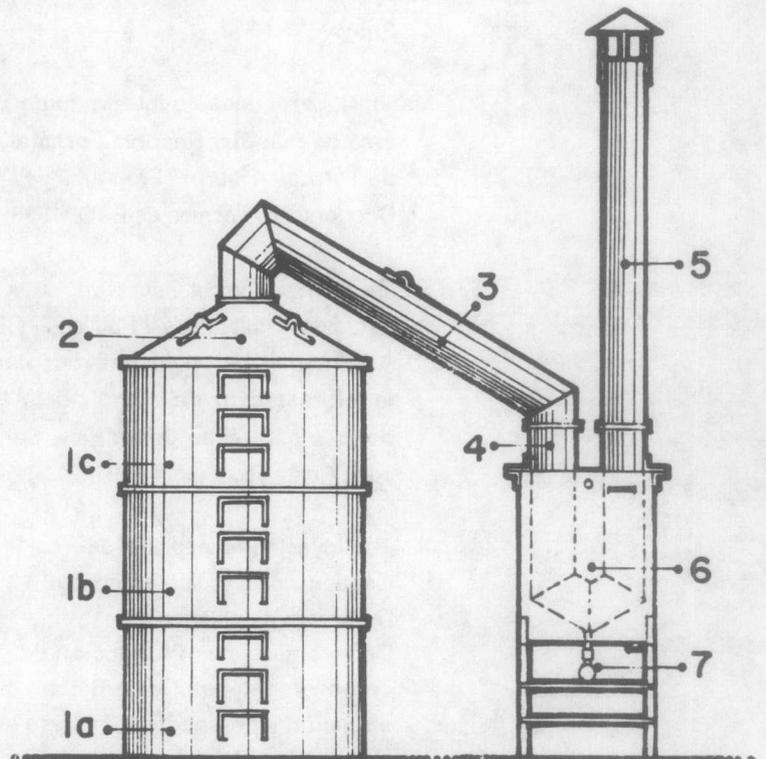


FIGURA 21. Primer modelo Horno Metálico Portátil ICAITI<sup>®</sup>.

- Cilindro (H.N.4,76 mm)
- Cilindro (H.N. 3,2 mm)
- 1c. Cilindro (H.N. 3,2 mm)
- Cubierta (H.N. 3,2 mm)
- Ducto para gases de combustión
- Tubo condensador
- Chimenea (H.N. 1,6 mm)
- Baño (H.N.1,6 mm)
- Recolector de líquidos



**ELEVACION**

FIGURA 22. Modelo mejorado del Horno Metálico Portátil ICAITI<sup>®</sup>.



## LITERATURA CONSULTADA

1. Pedroni, L. **Sobre la producción de carbón en los robledales de altura de Costa Rica.** Serie Técnica. Informe Técnico No.178. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales. Publicación No. 3.1991.
2. Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas-FAO. Informe Técnico preparado para el Gobierno de Costa Rica basado en el trabajo de Chong, P. W. Consultor. **Propuesta de manejo forestal, planeamiento y utilización integrada de los recursos de mangle en la Reserva de Térraba - Sierpe, Costa Rica.** Roma 1988.
3. Escoto, M., Graham, M. **Producción y características del carbón vegetal.** Serie Informativa Tecnología Apropiaada. Nº 4.
4. Martín Núñez, I. **Manejo integrado de área de manglar Reserva Forestal de Térraba - Sierpe.** Programa de Cooperación Técnica de FAO. 1988.
5. Fundación Neotrópica. Centro de Estudios Ambientales y Políticos - CE/AP, **Análisis de los incentivos para la reforestación y el manejo del bosque natural en Costa Rica.** San José Costa Rica, junio 1991.
6. ICAP, Proyecto Plurinacional de Cooperación Técnica Energía y Desarrollo en el Istmo Centroamericano: **Producción de carbón vegetal en Costa Rica, situación y perspectiva.** Impreso en la Unidad de Publicaciones del Instituto Centroamericano de Administración Pública (ICAP), San José (Costa Rica), 1988.
7. World Bank/UNDP/Bilateral AID/Energy Sector Management Assistance Program: **Costa Rica, forest residues utilization study, volume I - Technical Report, Household Energy Unit, Industry and Energy.** Department, Washington D. C., USA 20 433, 1989.
8. Meza, A. Informe Proyecto de Investigación. **Evaluación Técnica de la Producción de Carbón Vegetal.** Documento No. 2. Diciembre 1989.
9. Paddon, A.R.; Harker, A. P. **Charcoal production using a transportable metal kiln.** Trop. Sci. 22(4); 1980.
10. Paddon, A. R.; Harker, A. P. **The production of charcoal in a portable metal kiln.** Tropical Products Institute G119, 1979.
11. Pedroni, L.; Navas S. Propuesta de Investigación: **Técnicas de producción, calidad y mercado del carbón.** Febrero 1990.
12. Briane D.; Doat, J. **Guide technique de la carbonisation. La fabrication du charbon de bois.** Charly - Yves Chaudoreille, Edisud, La Calade, 13090 Aix en Provence, 1985.
13. Earl, D. E. **Informe sobre el carbón vegetal.** Organización de las Naciones Unidad para la agricultura y la alimentación, Roma (Italia) (INFORAT #18999), 1975.
14. Oficina Internacional del Trabajo Ginebra. **Producción de leña y carbón vegetal. Un manual de formación ilustrado sobre herramientas sencillas y técnicas para empresas de pequeña escala.** ISBN 92-2-300540-X. Primera Edición.1986.



15. Aramayo Saracho, O. **Fabricación de carbón vegetal.** Proyecto de Repoblamiento Forestal CORDECO-COTESU. Unidad de Manejo. Boletín Técnico No. 1, 1987.
16. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. ICAITI. **Hornos para carbón vegetal. Horno de ladrillo tipo colmena - ICAITI. Horno metálico portátil tipo ICAITI.** Proyecto de Leña y Fuentes Alternas de Energía ICAITI - ROCAP AID No. 596-0089. 1987.
17. Calderón, E.; Jiménez G. Propuesta de Investigación: **Proyecto de evaluación técnica de producción de carbón vegetal y recomendaciones al proyecto agroenergético El Indio.** Programa de la Investigación en Energía. Junio. 1986.
18. Calderón, E. **Horno metálico transportable construido en el ITCR en 1987.** Comunicación Personal 1991.
19. Pedroni, L. **Horno metálico transportable construido para el proyecto técnicas de producción, calidad y mercado del carbón.** Comunicación personal. 1990.

# Latinet'92



## QUE ES LATINET?

LATINET es una exposición y congreso internacional de las nuevas tecnologías sobre redes de comunicación, en la que, mediante exposiciones y un programa académico, se darán a conocer los avances de estas tecnologías, con el fin de impulsar la creación de redes en Latinoamérica y de facilitar el acceso a la información y a la comunicación con el resto del mundo.

LATINET se presentará del 30 de noviembre al 4 de diciembre de 1992, en Guadalajara, México, en el seno de la Feria Internacional del Libro FIL'92, -una de las más importantes del mundo- y será dirigido a universidades, organismos y empresas de telecomunicaciones, editoriales, periódicos, bibliotecas, bancos e industrias de los países de Iberoamérica.

Para mayor información, comuníquese con

LATINET'92  
Coordinación de Información  
Apdo postal 39-130  
Guadalajara, Jalisco 44170  
México  
FAX (3)625-1000/625-7359