



D-9808

B 17 I



ESCUELA SUPERIOR **POLITECNICA** DEL **LITORAL**

Facultad de **Ingeniería Mecánica**



“ ANALISIS TEORICO-EXPERIMENTAL DE LOS
PARAMETROS QUE INFLUYEN EN EL
FUNCIONAMIENTO DE LAS COCINETAS A KERE:”

PROYECTO DE GRAD0

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

David Ernesto Balseca Muñoz

Guayaquil - Ecuador

1990

AGRADECIMIENTO

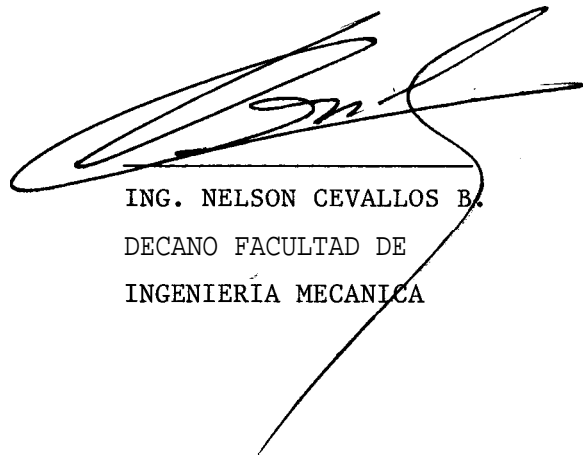
Al Dr. Alfredo Barriga R.,
Director del Proyecto, por su
acertada supervisión al
desarrollo del presente trabajo y
apoyo moral.

A los miembros del Centro de
Investigaciones Experimentales en
Tecnología Energética (CETE), por
su colaboración.

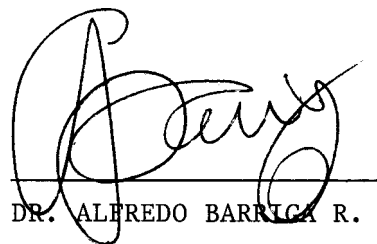
A la ESPOL por la formación
brindada.

DEDICATORIA

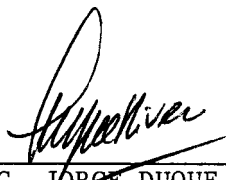
- A mis padres
- A mi esposa
- A mi hijo



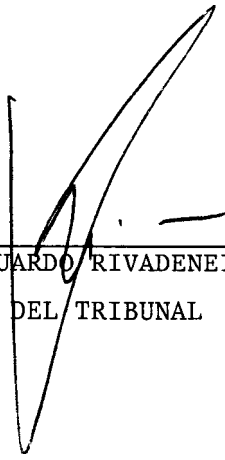
ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO FACULTAD DE
INGENIERIA MECANICA



DR. ALFREDO BARRICA R.
DIRECTOR DEL PROYECTO



ING. JORGE DUQUE R.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

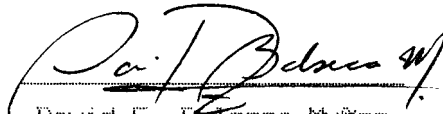


ING. EDUARDO RIVADENEIRA I.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este proyecto, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Tópico de Graduación)



David E. Estévez Muñoz



BIBLIOTECA

...R.E.S.U.M.E.N...

En este trabajo se analiza el funcionamiento de una cocineta a KEREX del tipo de mecha fija, de fabricación local. Se estudian los fenómenos físicos que están ligados con las formas de operación de este tipo de cocineta y además la influencia sobre la misma por parte de algunos parámetros que bajo ciertas disposiciones puedan inducir en cierto modo a mejores resultados.

Las condiciones de operación más favorables fueron halladas investigando el efecto producido al modificar varios parámetros; entre otros la distancia que existe entre el recipiente que va a calentarse y el quemador, el hecho de usar recipientes de distintos tamaños, la conveniencia de tener mayor o menor ingreso de aire para la combustión, la acción que ejerce el viento sobre la cantidad de calor utilizado para lograr el proceso de calentamiento y el consumo de combustible en una labor de cocción cuando se considera o no la influencia de éstos parámetros.

Los resultados de las pruebas muestran, en cada caso, cuándo se tienen las situaciones más propicias, de tal modo que el mejor aprovechamiento de la energía entregada por la llama, se convierta en un ahorro de combustible y de tiempo para el usuario.

INDICE GENERAL

| | PAGS. |
|--|-------|
| RESUMEN | VI |
| INDICE GENERAL | VII |
| INDICE DE FIGURAS | IX |
| INDICE DE TABLAS | XI |
| NOMENCLATURA | XII |
| INTRODUCCION | 15 |
| CAPITULO I | |
| FUNDAMENTOS GENERALES | |
| 1.1. OBJETIVO | 18 |
| 1.2. JUSTIFICACION | 18 |
| 1.3. ALCANCE | 19 |
| CAPITULO II | |
| ASPECTOS GENERALES | |
| 2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL KEREX | 20 |
| 2.2. DESCRIPCION DE LAS COCINETAS A KEREX CON MECHA FIJA ... | 21 |
| 2.3. COMPONENTES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL KEREX ... | 26 |
| CAPITULO III | |
| PROCESOS FISICOS INVOLUCRADOS | |
| 3.1. CAPILARIDAD | 27 |
| 3.2. FLUJO DE AIRE PARA LA COMBUSTION | 29 |
| 3.3. COMBUSTION DEL KEREX | 31 |

| | |
|---|----|
| 3.3.1. Combustión con llama azul y amarilla | 32 |
| 3.3.2. Aire teórico para la combustión del kéréx | 33 |
| 3.3.3. Exceso de aire | 36 |
| 3.4. ENERGIA ENTREGADA | 37 |
| 3.4.1. Radiación | 38 |
| 3.4.2. Convección | 39 |
| 3.5. ENERGIA APROVECHADA | 40 |
| CAPITULO IV | |
| PRUEBAS EXPERIMENTALES | |
| 4.1. ANALISIS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL APROVECHAMIENTO DEL CALOR GENERADO | 45 |
| 4.2. ESTIMACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA EL PROCESO DE COCCION | 49 |
| 4.3. ANALISIS DE GASES | 53 |
| 4.3.1. Diagramas de Ostwald | 54 |
| CAPITULO V | |
| RESULTADOS | 58 |
| CAPITULO VI | |
| ANALISIS DE RESULTADOS | 60 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 66 |
| BIBLIOGRAFIA | 97 |

INDICE DE FIGURAS

| No. | | PAGS. |
|----------|---|-------|
| 2.1. | CONFIGURACION DE LAS COCINETAS A KEREX CON MECHA FIJA.. | 23 |
| 2.2. | CHIMENEAS PERFORADAS INTERIOR - EXTERIOR | 24 |
| 2.3. | ESQUEMA DE LOS PROCESOS QUE INTERVIENEN EN LA OPERACION DE LAS COCINETAS A KEREX | 25 |
| 3.1. | PRESION COMO FUNCION DE LA ALTURA DE LA CAMARA DE COMBUSTION | 30 |
| 3.2. | TASA DE REACCION ESPECIFICA EN FUNCION DE LA TEMPERATURA | 33 |
| 3.3. | BALANCE DE ENERGIA SOBRE UNA OLLA | 42 |
| 3.4. | DIAGRAMA DE SANKEY PARA EL PROCESO DE COCCION | 43 |
| 4.1. | DISTANCIA CONSIDERADA ENTRE EL RECIPIENTE Y EL QUEMADOR PARA LAS PRUEBAS | 45 |
| 4.2. | DISPOSICION PARA REGULAR EL NIVEL DEL COMBUSTIBLE | 47 |
| 4.3. | MUESTREO DE GASES PARA DETERMINAR EL EXCESO DE AIRE ... | 54 |
| 4.4. | DIAGRAMA DE OSTWALD PARA EL KEREX | 57 |
| APENDICE | | PAGS. |
| B.4. | CONFIGURACION DE ORIFICIOS EN LOS QUEMADORES | 82 |
| C.1. | RESULTADOS DEL EFECTO DE LA DISTANCIA OLLA - QUEMADOR | 86 |
| C.2. | RESULTADOS DEL EFECTO DEL TAMAÑO DE OLLA | 88 |
| C.3. | RESULTADOS DEL EFECTO DE LA POTENCIA SOBRE EL TIEMPO, EN EBULLIR | 90 |

| | | |
|------|--|----|
| C.3. | RESULTADOS DEL EFECTO DE LA POTENCIA SOBRE EL PORCENTAJE DE CALOR UTILIZADO | 91 |
| C.4. | RESULTADOS DEL EFECTO DEL VIENTO | 93 |
| C.6. | RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE AGUA HIRVIENDO | 96 |

INDICE DE TABLAS

| AFENDICE | PAGS. |
|----------|---|
| A | PERDIDAS DE CALOR PARA LAS OLLAS USADAS EN LOS ENSAYOS 69 |
| B.1. | DATOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DE LA DISTANCIA OLLA - QUEMADOR 71 |
| B.2. | DATOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DEL TAMAÑO DE OLLA .. 75 |
| B.3. | DATOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DEL VIENTO 80 |
| B.4. | DATOS EXPERIMENTALES DEL EFECTO DEL INGRESO DE AIRE . 81 |
| B.5. | DATOS EXPERIMENTALES DE LOS ENSAYOS DE AGUA HIRVIENDO 83 |
| C.1. | RESULTADOS DEL EFECTO DE LA DISTANCIA OLLA - QUEMADOR 85 |
| C.2. | RESULTADOS DEL EFECTO DEL TAMAÑO DE OLLA 87 |
| C.4. | RESULTADOS DEL EFECTO DEL VIENTO 92 |
| C.5. | RESULTADOS DEL EFECTO DEL INGRESO DEL AIRE 94 |
| C.6. | RESULTADOS PARA LA ESTIMACION DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE 95 |



INTEPET

N O M E N C L A T U R A

| | |
|------|----------------------------|
| A | Area |
| a/c | Relación Aire/combustible |
| B | Poder calorífico del Kérex |
| o.C | Grados Centígrados |
| CE | Consumo Específico |
| cm | Centímetros |
| cpa | Calor específico del agua |
| d | Distancia |
| dm | Decímetros |
| EA | Exceso de aire |
| F | Flexibilidad |
| gr | Gramos |
| GLP | Gas Licuado de Petróleo |
| h | Coefficiente convectivo |
| hfg | Entalpia de evaporación |
| J | Joules |
| o.K | Grados Kelvin |
| Kcal | Kilocalorias |
| Kg | Kilogramos |
| Kw | Kilowatios |
| lbm | Libras-masa |
| lt | Litros |
| m | Metros |
| mm | Milímetros |
| ma | Masa de Agua |

XIII

| | |
|-------|--|
| mc | Masa de combustible |
| mv | Masa de vapor |
| mca | Combustible consumido en alta potencia |
| mcb | Combustible consumido en baja potencia |
| mva | Agua Evaporada en alta potencia |
| mvb | Agua Evaporada en baja potencia |
| min | Minutos |
| N | Newtons |
| orf | Orificios |
| p | Presión |
| P | Potencia |
| Fa | Potencia en alta |
| Fb | Potencia en baja |
| Fo | Presión atmosférica |
| FCU | Porcentaje de Calor Utilizado |
| FCU)a | Porcentaje de Calor Utilizado en alta |
| FCU)b | Porcentaje de Calor Utilizado en baja |
| FCU)g | Porcentaje de Calor Utilizado General |
| FCUI | Porcentaje de calor utilizado por la cocineta I |
| FCUII | Porcentaje de calor utilizado por la cocineta II |
| Fmin | Potencia Mínima |
| RP | Rango de Potencia |
| s | Segundos |
| T | Temperatura |
| Tf | Temperatura final |
| Ti | Temperatura inicial |
| TM | Toneladas Métricas |

| | |
|---|---------|
| t | Tiempo |
| w | Wattios |
| z | Altura |

I N T R O D U C C I O N

La idea de desarrollar el presente trabajo se debe a que en la actualidad se desea incursionar en mayor escala, en nuestro medio, el uso del KEREX como alternativa para la cocción de alimentos.

Existen varias razones para querer generalizar el uso del KEREX, siendo de los más importantes:

- a. El creciente consumo del gas licuado en los últimos años en relación a una decreciente producción.

PRODUCCION Y DEMANDA DE GLP

| ANO | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| PRODUCCION (miles TM) | 111,0 | 140,4 | 69,1 | 132,0 |
| | | | | |
| CONSUMO (miles TM) | 185,7 | 219,8 | 254,0 | 291,0 |

Como se puede observar, la producción de gas licuado no abastece la creciente demanda nacional, por lo que se hace necesario importar considerables volúmenes del producto. Se prevé para 1.989 un consumo de 307.000 TM, con un subsidio estatal de 27.000 millones de sucres (ref.No.4).

b. Por otra parte se desea incentivar la protección de los recursos forestales de país, debido a que la deforestación ha promovido altos grados de erosión y problemas de arrastre de sedimentos en los ríos, cosa que afecta la calidad de las aguas y el manejo de las cuencas hidrográficas que alimentan las represas como las de Paute y Agoyán, causando serias limitaciones en su funcionamiento.

Sobre este tema se podría añadir que la protección de los recursos forestales del país expresarian un ahorro aproximado de 3 millones de toneladas de leña por año(ref.No.4).

c. El precio del KEREX es relativamente más bajo que el de los otros combustibles y si comparamos con el precio altamente subsidiado del gas licuado, el KEREX resulta catorce y media veces más barato (ref.No.4).

La politica del actual gobierno es la de frenar el crecimiento de la demanda del gas y la de controlar la deforestación incentivando el consumo del KEREX mediante un proyecto denominado PLAN BANDERA en la que se organiza la distribución masiva de dicho combustible en diferentes puntos del país.

Actualmente existen unas cien mil familias, es decir medio millón de ecuatorianos que consumen KEREX y, sobre estas consideraciones, el programa prevé que hasta 1.992 el número de familias que consumirán KEREX se habrá incrementado a 180.000, demandando 42 millones de

galones al año. Al lograrse esta meta el Ecuador dejaría de importar 15.000 toneladas de gas licuado, lo que equivale a un ahorro de 1.700 millones de sucres (ref.No.4).

De seguirse con esta estrategia se equipararían la producción y demanda del GLP, lo que significaría una ayuda para la estabilidad económica del país.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS GENERALES

1.1. OBJETIVO

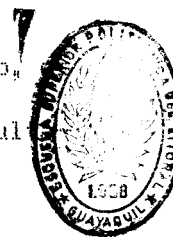
Analizar los efectos que se producen en el rendimiento de las cocinetas a KEREX con mecha fija cuando se realizan variaciones en los principales parámetros que controlan la cantidad de energía utilizada para la cocción de los alimentos.

1.2. JUSTIFICACION

Es evidente que el uso del KEREX representa una alternativa más para la cocción de alimentos, sobre todo en la clase marginada, pero existe un inconveniente en relación con el mencionado combustible, y es que, desafortunadamente, las cocinetas a KEREX que existen en nuestro medio presentan problemas de funcionamiento, lo que hace que el usuario descarte la posibilidad de adquirirlas o usarlas.

El problema más serio que se presenta es la combustión defectuosa, lo que conlleva a la producción de hollín, olores desagradables debido a la presencia de hidrocarburos sin quemar y a la

disminución de la eficiencia del proceso. Por lo tanto, necesario revisar las condiciones que permitan obtener resultados más satisfactorios.



BIBLIOTEC

1.3. ALCANCE

Analizar las condiciones bajo las cuales este tipo de cocinetas pueden operar de forma más eficiente, a fin de que se tomen las consideraciones pertinentes durante su fabricación y uso.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DEL KEREX

Como ya se mencionó anteriormente, el uso del KEREX proporcionaría un ahorro efectivo al disminuir la importación de grandes volúmenes de GLP, así como también se lograría un control sobre la deforestación que cada vez se está acentuando más en nuestro país; pero, además, existen también otras ventajas relacionadas con el mencionado combustible en forma más directa, siendo éstas:

- Alto poder calorífico
- Menor riesgo en el manejo
- Bajo costo

Por otra parte, el hecho de usar el KEREX en quemadores de tipo doméstico para cocinar los alimentos, trae ciertos inconvenientes (ref.No.1), como son:

- Su máxima potencia es relativamente baja comparada con fogones de leña y de gas licuado, lo cual conlleva un tiempo

de cocción mayor.

- Cuando alcanza la máxima potencia, la llama se torna amarilla, y produce gran cantidad de hollín que se deposita en los recipientes.
- Es difícil calibrar la llama a potencias variadas, y esto trae consigo un consumo elevado e innecesario de combustible.
- Es notoria la influencia del viento en la transferencia del calor.
- Al transportar la cocineta, se producen fácilmente derramamientos de combustible.

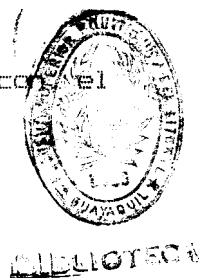
2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS COCINETAS A KEREX CON MECHA FIJA

Las cocinetas a KEREX con mecha fija tienen mayor aceptación en nuestro medio debido a que su construcción, con el reservorio de combustible apartado del quemador, brinda mayor seguridad al usuario al no presentar peligro latente de explosión o inflamación, ya que no se obtiene un calentamiento excesivo del combustible.

Los elementos constitutivos de este tipo de cocinetas son los siguientes:

- Depósito o reservorio del combustible

- Quemador de combustible
- Cañería que conecta el depósito de combustible con el quemador
- Base del quemador
- Válvula de aguja
- Soporte del recipiente (parrilla)
- Armazón que soporta los componentes



La configuración estructural de este tipo de cocinetas se muestra en la figura 2.1 y su funcionamiento se detalla a continuación:

Sobre el depósito de combustible se coloca boca abajo la botella de vidrio que contiene el KEREX. En la tapa de la botella hay un mecanismo de resorte que con el efecto combinado de los pesos de la botella y el combustible, permite el flujo del líquido hacia el reservorio.

El nivel alcanzado en el reservorio está dado por el espacio comprendido entre el borde de la tapa de la botella y el fondo del reservorio.

El reservorio a su vez, está conectado por medio de una cañería que conduce el combustible hasta la base del quemador, donde por efecto del principio de vasos comunicantes, alcanza el mismo nivel del reservorio.

El flujo de combustible se permite o no mediante la válvula y la aguja localizada en la cañería.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE GUAYAQUIL

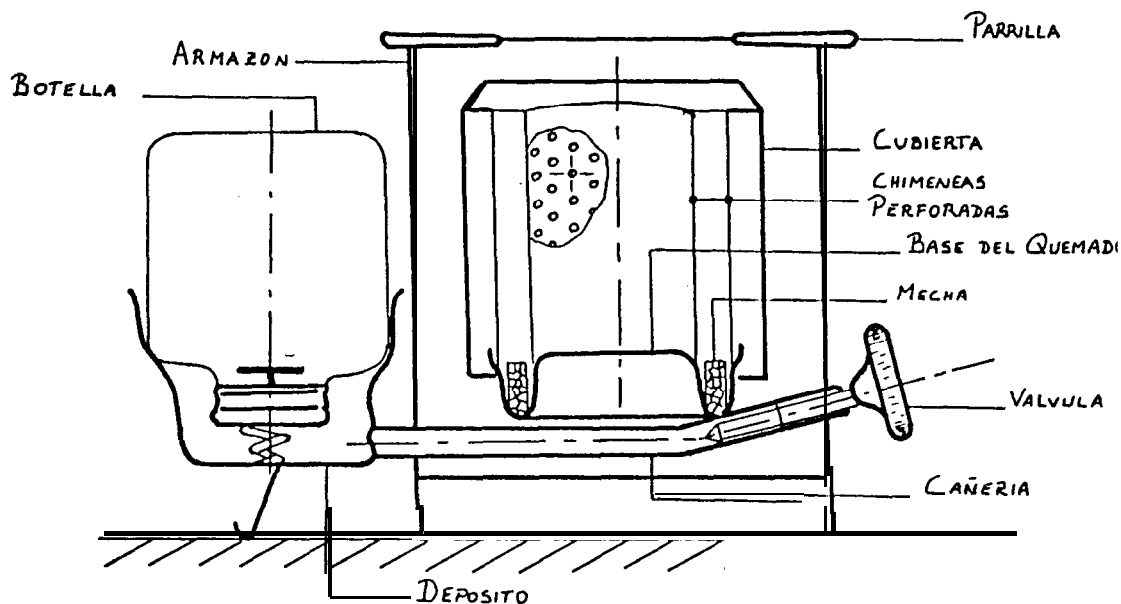
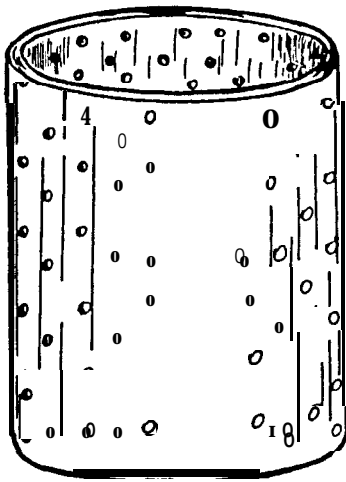


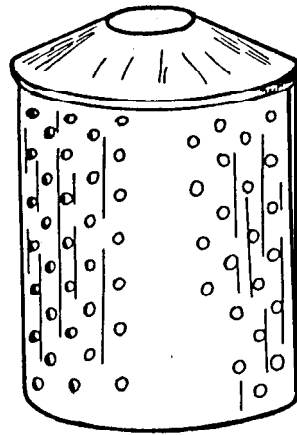
fig. 2.1

En la base del quemador se aloja la mecha que no es más que una cinta de amianto, asbesto o algodón que permite el encendido inicial, es decir, arderá por unos pocos minutos hasta que se normalice la llama, pasando luego solamente a conducir el KEREK por capilaridad hacia la cámara de combustión, donde por efecto de la radiación de la llama se evapora rápidamente alcanzando inmediatamente la temperatura de ignición para finalizar el proceso de inflamación.

El quemador está conformado por dos carcazas cilíndricas concéntricas que tienen una gran cantidad de orificios de entrada de aire, por lo que se las conoce como chimeneas perforadas interior y exterior (fig. 2.2).



CHIMENEA EXTERIOR



CHIMENEA INTERIOR

fig. 2.2

Como se mencionó anteriormente, al encender la mecha se calientan las carcazas y se vaporiza el KEROX, entrando el aire a través de los orificios que hacen el efecto de un gran número de pequeños difusores de aire dentro de los vapores de KEROX. El tiro producido en estos quemadores es tal que se hace innecesario disponer de una chimenea larga (ref.No.6).

Por último, tenemos sobre el quemador una parrilla donde se asienta el recipiente que va a aprovechar el calor de la llama por la radiación de la misma y por la convección de los gases

calientes originados por la combustión, que lo bordean.

Mediante un esquema (Fig.2.3), se pueden visualizar de mejor manera los procesos físicos que fueron descritos y que intervienen en la operación de las cocinetas a KEREX.

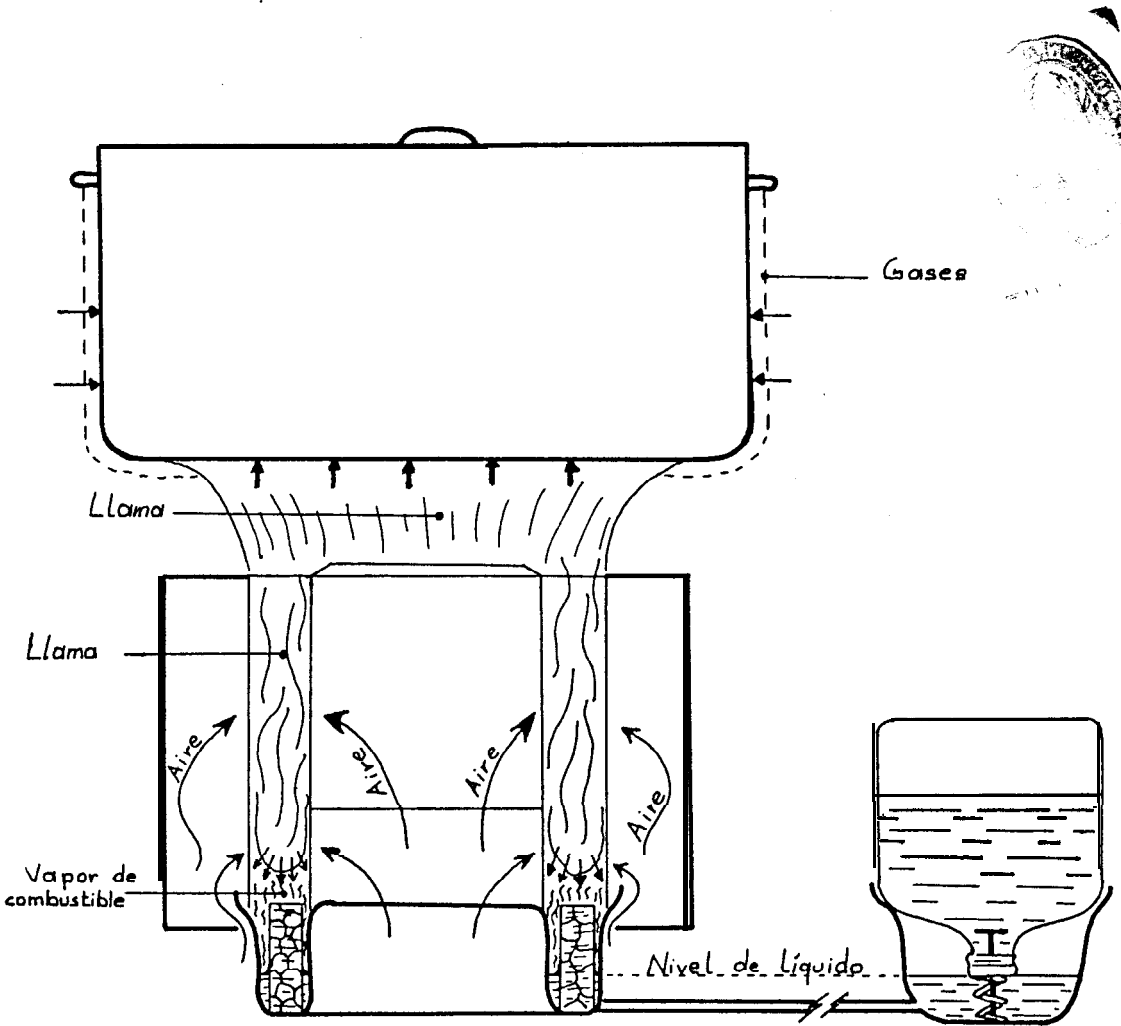


Fig. 2.3

2.3. COMPONENTES Y CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL KEREX

Según ref.No.2, los componentes y principales características del KEREX son:



BIBLIOTECA

 COMPONENTES

| | |
|--------------|--------|
| Parafinas | 55-60% |
| Naftenos | 32-34% |
| Aromáticos | 5-10% |
| Azufre (% P) | 0,13 |

 CARACTERISTICAS

| | |
|--|----------|
| Gravedad específica (15.6/15.6) | 0,8179 |
| Densidad específica (Kg/m ³) | 816,7 |
| Gravedad API | 41,5 |
| Valor calorífico neto (Kcal/kg) | 10.390,0 |
| Valor calorífico bruto (Kcal/kg) | 11.110,0 |
| Punto de inflamación (°C) | 60 |
| Punto de humo (mm) | 22 |

PROCESOS FISICOS INVOLUCRADOS

Los principales procesos físicos que ocurren durante la operación y que posteriormente serán analizados son:

1. La conducción del KEREX desde la base del quemador hacia la cámara de combustión a través de los poros de la mecha.
2. El flujo de aire que proviene del ambiente y que pasa a través de las perforaciones en las carcavas cilíndricas concéntricas hasta llegar a la cámara de combustión.
3. La combustión del KEREX; y,
4. La energía entregada y aprovechada.

3.1. CAPILARIDAD

La conducción del KEREX a través de la mecha desde la base del quemador hasta la cámara de combustión se realiza por la intervención de la fuerza de capilaridad.

La capilaridad es la fuerza que impulsa la ascensión del líquido, venciendo a la gravedad.

La operación continua se efectúa porque el cabezal de capilaridad máximo $(\Delta P_c)_{max}$ es mucho mayor que la suma de las caídas de presión dadas por aquella que se requiere para transportar el líquido a través de la mecha venciendo la fuerza de fricción que ésta presenta $(\Delta P)_l$ y el cabezal gravitacional $(\Delta P)_g$ que es la diferencia de presiones debida al cabezal hidrostático del líquido (ref.No.5). Por lo tanto:

$$(\Delta P_c)_{max} > (\Delta P)_l + (\Delta P)_g \quad (N/m^2)$$

El máximo cabezal de capilaridad está dado por:

$$(\Delta P_c)_{max} = 2 S / r \quad (N/m^2)$$

donde: S = tensión superficial del líquido (N/m)

r = radio efectivo de los poros (m)

Para calcular $(\Delta P)_l$ se puede usar la ley de Darcy,

entonces:

$$(\Delta P)_l = \mu l m / KA \quad (N/m^2)$$

donde: μ = viscosidad del líquido $(Kg/m \cdot seg)$

l = longitud de la mecha (m)

m = tasa de transporte (Kg/seg)

ρ = densidad del KEREX (Kg/m³)

K = permeabilidad de la mecha (m²)

A = área seccional de la mecha (m²)

La permeabilidad toma en cuenta el tamaño de los poros y su distribución.

El cabezal gravitacional está dado por:

$$\Delta P_g = \rho g h \quad (\text{N/m}^2)$$

donde: g = aceleración gravitacional (m/s²)

h = distancia entre el extremo superior de la mecha y el nivel de líquido (m)

Un método para optimizar la tasa de transporte del KEREX es disminuir la altura de transporte (h) e incrementar el área seccional de la mecha.

La capilaridad límite, es la tasa de flujo máximo de KEREX y está dada por:

$$m_{\text{max}} = \frac{\rho S}{\mu} K A \left(\frac{2}{r} \rho g h / S \right)$$

El flujo de aire que ingresa a la cámara de combustión está determinado por el balance entre la fuerza de arrastre creada por la columna de los gases calientes de la combustión que ascienden y la resistencia al flujo de los pequeños orificios en las chimeneas concéntricas.

En la figura 3.1 está representado el quemador junto con las diferencias de presiones a través de las chimeneas interior y exterior.

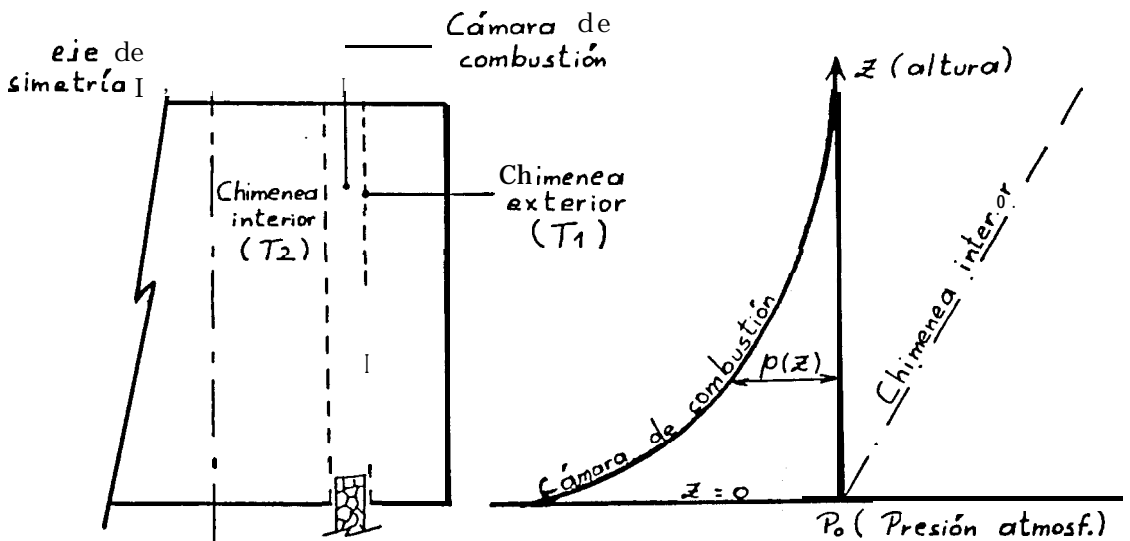


fig. 3.1. Presión como función de la altura de la cámara de combustión.

En la cámara de combustión (al nivel de la mecha) existe una presión mayor que la atmosférica debido a los gases que se forman y a las temperaturas que se registran. Esta presión tiende a disminuir gradualmente con la altura hasta alcanzar la

presión atmosférica a la salida de la cámara de combustión.



Es debido al arrastre creado por los gases que salen de la cámara de combustión que se forma una depresión en la chimenea interior, tomando en cuenta que esta chimenea está cubierta casi en su totalidad.

Se asume que el aire que entra a la cámara de combustión a través de las chimeneas exterior e interior tienen temperaturas uniformes T_1 y T_2 respectivamente, siendo T_1 igual a la temperatura ambiente, mientras que T_2 un poco más alta debido a que la chimenea interior está cerrada casi en su totalidad en la parte superior y por debajo; lo que hace que los gases se calienten (ref.No.5).

3.3. COMBUSTION DEL KEREX

La combustión de los líquidos se realiza de tal manera que, en primer lugar; el líquido se vaporiza y luego, los vapores formados se queman de acuerdo con los principios válidos para los gases.

Si fuera posible separar en el espacio la vaporización de la degradación que le sucede, la combustión de los líquidos no se diferenciaría de aquella de los gases. Este es el caso de los combustibles de baja temperatura de ebullición, que pueden ser quemados por acción capilar del KEREX. Aquí es suficiente la

radiación de la llama para vaporizar el líquido y recalentar los vapores a la temperatura de ignición. Se forma entonces, lo mismo que en la combustión de los gases, una especie de cono de ignición; esto significa que los vapores antes de inflamarse se han podido mezclar por difusión, con una pequeña cantidad de aire.

3.3.1. Combustión con llama azul y amarilla

La combustión de hidrocarburos puede ocurrir de dos modos distintos, dando lugar a llamas azul o amarilla respectivamente.

El modo de combustión depende de la tasa de reacción específica k (s/m) la cual es solamente función de la temperatura.

En la fig. 3.2 se muestra una gráfica de la tasa de reacción específica en función del inverso de la temperatura (ref.No.5).

Ahí se puede observar que la tasa de reacción específica se incrementa, cuando se incrementa la temperatura a lo largo de la línea I.

Desde el punto 1 en adelante la reacción es suficientemente segura y ocurre la combustión con

llama azul.

Por otra parte, cuando se incrementa la temperatura se puede alcanzar el punto 2 donde prácticamente comienza la combustión con llama amarilla.

La diferencia entre las llamas azul y amarilla yace en la temperatura de la mezcla aire-vapor de combustible.

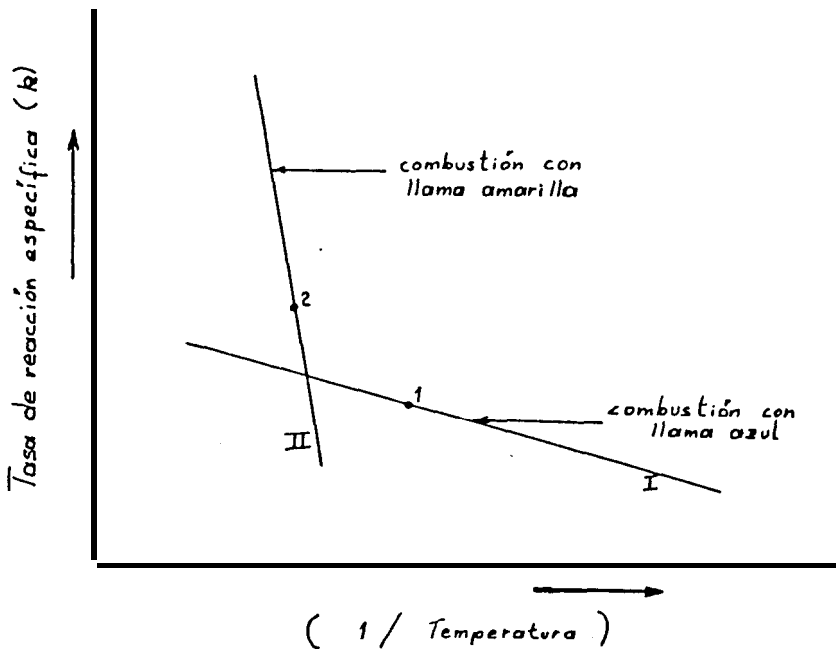


fig. 3.2. Tasa de reacción específica en función de la temperatura

3.3.2. Aire teórico para la combustión del KEREX

El aire teórico o estequiométrico es la mínima cantidad de aire que suministra suficiente

oxígeno para oxidar completamente el combustible.

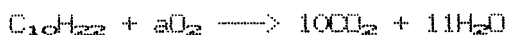
Para que un combustible arda completamente es necesario que el hidrógeno y el carbono se transformen por reacción con el oxígeno en agua y en anhídrido carbónico (CO_2). Si la transformación se realiza parcialmente, la combustión se denomina incompleta, dando en este caso como productos el monóxido y el dióxido de carbono y parte del hidrógeno puede aparecer entre los gases libres o formando parte de hidrocarburos.

El aire teórico para la combustión del KEREX puede ser calculado asumiendo que éste es una mezcla de hidrocarburos con un componente principal. Este componente es el hidrocarburo $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ (ref.No.5). La reacción de combustión completa del KEREX entonces estaría dada por:

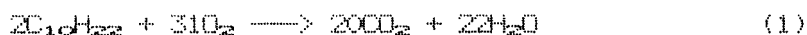


Para hallar a,b y c se tienen que balancear los H_2 ,C y O_2 .

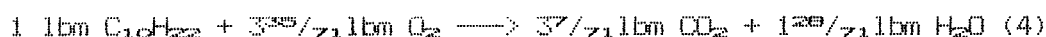
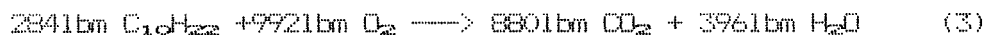
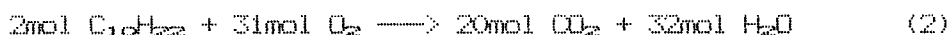
Primeramente se balancean los H_2 y los C:



Luego se balancean los O_2 :



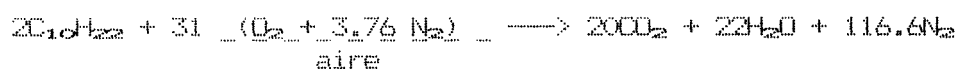
o lo que es lo mismo;



De la ecuación (4) se tiene que la mínima cantidad de aire que es necesario proporcionar para quemar totalmente 1 lbm de KEREX es (ref.No.7):

$$3.493 \frac{\text{lbm } O_2}{\text{lbm } C_{10}H_{22}} \cdot 4.31 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm } O_2} = 15.05 \frac{\text{lbm aire}}{\text{lbm comb}}$$

En la ecuación (1) se puede incluir también el N_2 lo cual no afecta los cálculos de aire teórico;



3.3.3. Exceso de aire

En la práctica es imposible lograr una combustión completa con el aire teórico pues por la ley de probabilidad no es posible que cada una de las numerosas moléculas (6.02×10^{23} moléculas por mol) que componen el combustible, encuentre una molécula de oxígeno para combinarse con ella, por lo tanto, para lograr la máxima oxidación posible del combustible es necesario ingresar a la cámara de combustión un cierto exceso de aire.

Si el aire está en defecto pueden producirse pérdidas importantes de energía en forma de CO, H₂ y C_xH_y sin quemar. Por lo tanto, la cantidad de exceso de aire debe ser determinada llegando a un compromiso entre, por un lado, evitar que la combustión sea incompleta y por otro lado, reducir al mínimo las pérdidas térmicas que llevarían este exceso de aire a ser expulsado a la atmósfera (ref.No.10).

Entonces, si el proceso de combustión maneja un exceso de aire, la relación aire-combustible real estará dada por:

$$(a/c)_{\text{real}} = (a/c)_{\text{esteq}} * (1+EA) = (a/c)_{\text{esteq}} * \Phi$$

donde: a/c = relación aire-combustible

EA = exceso de aire

$$\Phi = 1 + EA = \text{factor de aire estequiométrico}$$

Ocurre a veces en la práctica que la combustión resulta imperfecta, a pesar de que la cantidad de aire introducido en la cámara de combustión es suficientemente excesiva con relación al mínimo estequiométrico.

Esta contradicción aparente, combustión incompleta y exceso de aire, se explica por el hecho de que a causa de deficiencias en la mezcla, una parte del aire introducido pasa por la cámara de combustión sin entrar en contacto con el combustible formando como una especie de corriente secundaria independiente (ref.No.9).

No es sino después de haber salido de la cámara, es decir, en zonas donde a causa de la temperatura demasiado baja ya no puede realizarse una reacción de oxidación, que ésta corriente de aire se mezcla con los productos de la combustión propiamente dichos.

3.4. ENERGIA ENTREGADA

3.4.1. Radiación

El calor transferido por radiación entre la llama y el recipiente está dado por (ref.No.8):

$$q_r = \sigma F_{12} A_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

donde: q_r = flujo de calor radiante (watts)

σ = constante de Stefan-Boltzman

$$= 5.7 * 10^{-8} \text{ (watts/m}^2 * \text{ }^\circ\text{K}^4)$$

F_{12} = Factor de forma; depende de la orientación geométrica relativa de las superficies 1 y 2 (adimensional)

A_1 = Area de la superficie 1 (m^2)

T_1 = Temperatura absoluta de la superficie 1 ($^\circ\text{K}$)

T_2 = Temperatura absoluta de la superficie 2 ($^\circ\text{K}$)

Se asume que la radiación se efectúa entre dos discos, siendo uno de ellos la parte superior del quemador y el otro, el fondo del recipiente.

La radiación también tiene lugar desde las

superficies calientes de la cocineta hacia el ambiente.

3.4.2. Convección

El flujo de calor transferido por convección se calcula mediante la expresión (ref.No.8):

$$q_c = h A (t_g - t_s)$$

donde: q_c = flujo de calor por convección (watts)

h = coeficiente de flujo de calor
por convección (watts/m² °C)

A = Área de transferencia (m²)

t_g = temperatura de los gases (°C)

t_s = temperatura de la superficie
del recipiente (°C)

El coeficiente de convección varía según la ubicación del recipiente respecto al fuego. Según Krishna Prasad el coeficiente de convección tiene los siguientes valores (ref.No.8):

1) Fondo del recipiente que está sobre el fuego;

$$20 < h < 40$$

2) Fondo del recipiente que no está directamente

sobre

el fuego:



$$8 < h < 20$$

3) Alrededores del recipiente;

$$4 < h < 8$$

Las temperaturas que prevalecen en las regiones especificadas en 2 y 3 son función del diámetro del fuego. Además, llamas largas tienden a mantener altas temperaturas alrededor del recipiente mientras que, llamas cortas producen temperaturas más bajas.

3.5. ENERGIA APROVECHADA

La cantidad de energía utilizada en un proceso de cocción está limitada por una parte por la combustión del combustible, es decir si éste se quema completamente o no, creando la consiguiente liberación de energía contenida en el combustible. Por otro lado, esta energía producto de la combustión entrega solo una parte al recipiente que va a servir para el calentamiento, mientras que el resto se pierde en el ambiente. Asimismo el recipiente aprovecha solo una parte de la energía que se le proporciona; como se lo analiza a continuación.

En la figura 3.3. se muestran los flujos de calor hacia y desde la olla localizada sobre la parrilla.

El fondo de la olla recibe el calor; mientras que, se pierde calor a través de la tapa (o por la parte superior cuando no está la tapa).

Las paredes de la olla están cubiertas por la columna de gases calientes que provienen de la zona de combustión. Este gas, a su vez puede ser enfriado por dos razones:

- Transferencia de calor hacia la olla
- Intervención del aire frío desde el medio ambiente

En algún punto y_p a lo largo de la olla, la temperatura de los gases empiezan a ser más bajos que la de la olla. Por lo tanto, la sección de la olla que está bajo el punto y_p recibirá calor pero, sobre y_p se perderá calor.

La localización exacta del punto y_p es difícil de determinar pero de acuerdo con investigaciones realizadas según De Lepeleire (1983) se estimó que las pérdidas de calor desde la tapa de una olla de aluminio son del orden de 700 W/m^2 (ref.No.11). También se determinó que las pérdidas de calor a los lados de la olla no son mayores de 350 W/m^2 debido a que no toda la sección lateral está perdiendo calor (ref.No.11), como se analizó anteriormente.

Con estas presunciones se puede construir una tabla donde se muestren las pérdidas de calor para las diferentes ollas usadas



BIBLIOTECA

en el presente trabajo (ver Apéndice A).

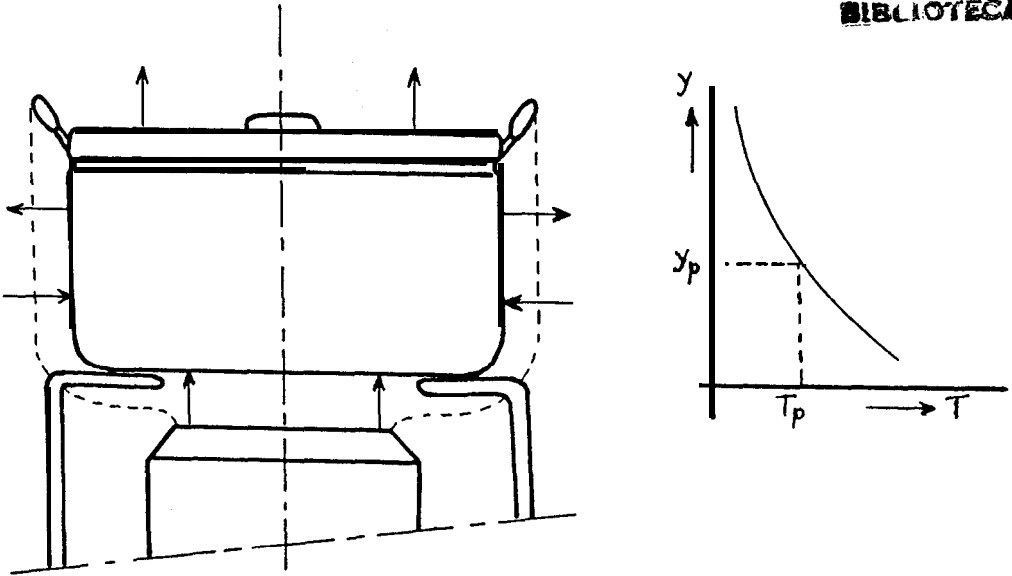


fig. 3.3. Balance de energía sobre una olla.

Se podría hacer el análisis global de un sistema, desde el punto de vista energético, utilizando el diagrama de Sankey.

Para el sistema en cuestión, este diagrama toma en cuenta desde la energía entregada por el combustible, pasando por las pérdidas debidas a diferentes motivos hasta llegar a la energía requerida para la cocción (fig. 3.4.).

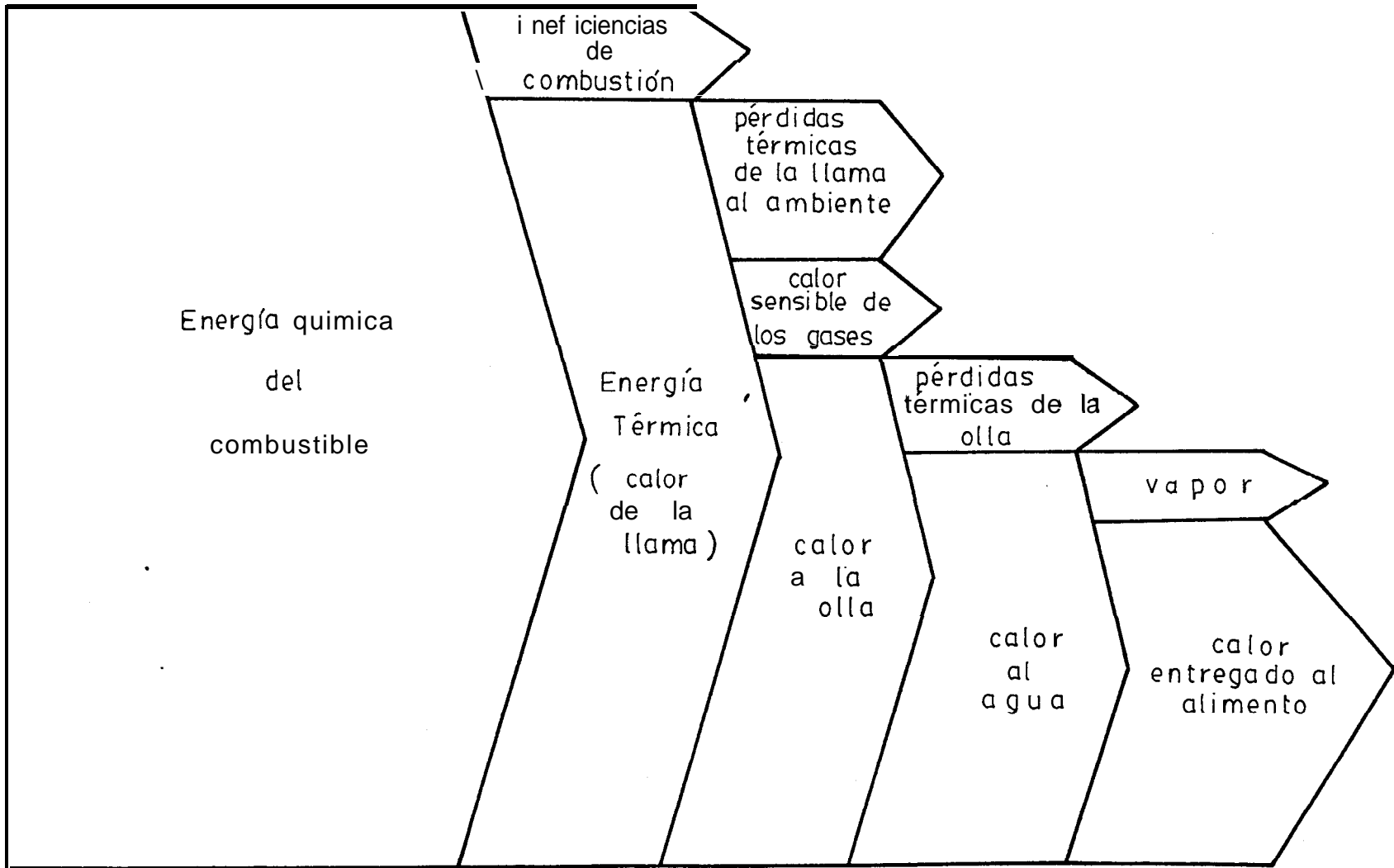


fig. 3.4. Diagrama de SANKEY para el proceso de cocción



CAPITULO IV



PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para analizar los cambios que se daban en la cantidad de energía que puede ser aprovechada para la cocción, en cocinetas a KEREX y, la forma de cómo optimizarla; se planteó investigar lo siguiente:

- El efecto que se produce cuando se varia la distancia que existe entre la parrilla y el quemador.
- El hecho de usar recipientes de distintos tamaños.
- El cambio que se manifiesta en la combustión del KEREX, cuando se aumenta o disminuye la cantidad de aire que va a mezclarse con los vapores del combustible.
- La energía que se pierde debido a la acción del viento.
- La cantidad de combustible que se usa para la cocción.

Si bien es cierto, estos parámetros reúnen las situaciones de mayor importancia que podrían afectar la eficiencia de este tipo de cocinetas.

Una vez determinados los puntos en que se basa el presente análisis y, después de haber realizado algunas pruebas preliminares, se

decidió que la forma de realizar los ensayos, tal y como se lo describe en las siguientes secciones de este capítulo, resulta ser la más adecuada para posteriormente poder comparar los resultados obtenidos.

4.1. ANALISIS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN EL AFROVECHAMIENTO DEL CALOR GENERADO

- El efecto de la distancia entre el recipiente y el quemador fue analizado variando la altura de la parrilla, acercándola o alejándola del quemador. Se trabajó para 20, 30, 40, 50 y 60 mm. La altura considerada es aquella que existe entre la parrilla y el borde superior del quemador (fig. 4.1).

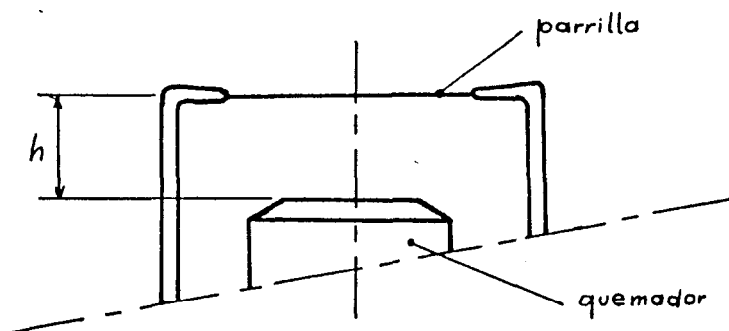



fig. 4.1.

- La influencia de las dimensiones del recipiente en el proceso de calentamiento se analizó usando ollas de aluminio de distintos tamaños (No. 26,24,18,14).



- El efecto de la cantidad de aire que ingresa a la cámara de combustión fue analizado variando la densidad de orificios en las chimeneas de los quemadores. Para ello se utilizaron 5 quemadores cuyas dimensiones, densidad de orificios y disposición de los mismos se indican en el Apéndice B.4.

- Para analizar el efecto del viento se hicieron pruebas en condiciones normales de trabajo para una labor de cocinado (cuarto ventilado), dejando que la llama esté expuesta a cualquier perturbación que el viento pudiera ocasionar y también, cubriendo la llama para evitar que exista una acción muy directa sobre ella.

Dado que en este tipo de cocinetas no se puede controlar la cantidad de combustible consumido durante la operación, se recurrió a variar la altura del depósito (fig.4.2). Esto hace que en la base del quemador suba o baje el nivel de KEREX, dependiendo de la altura del depósito, proporcionando un consumo mayor o menor de combustible por unidad de tiempo, respectivamente; como se vio en la sección 3.1.



BIBLIOTECA

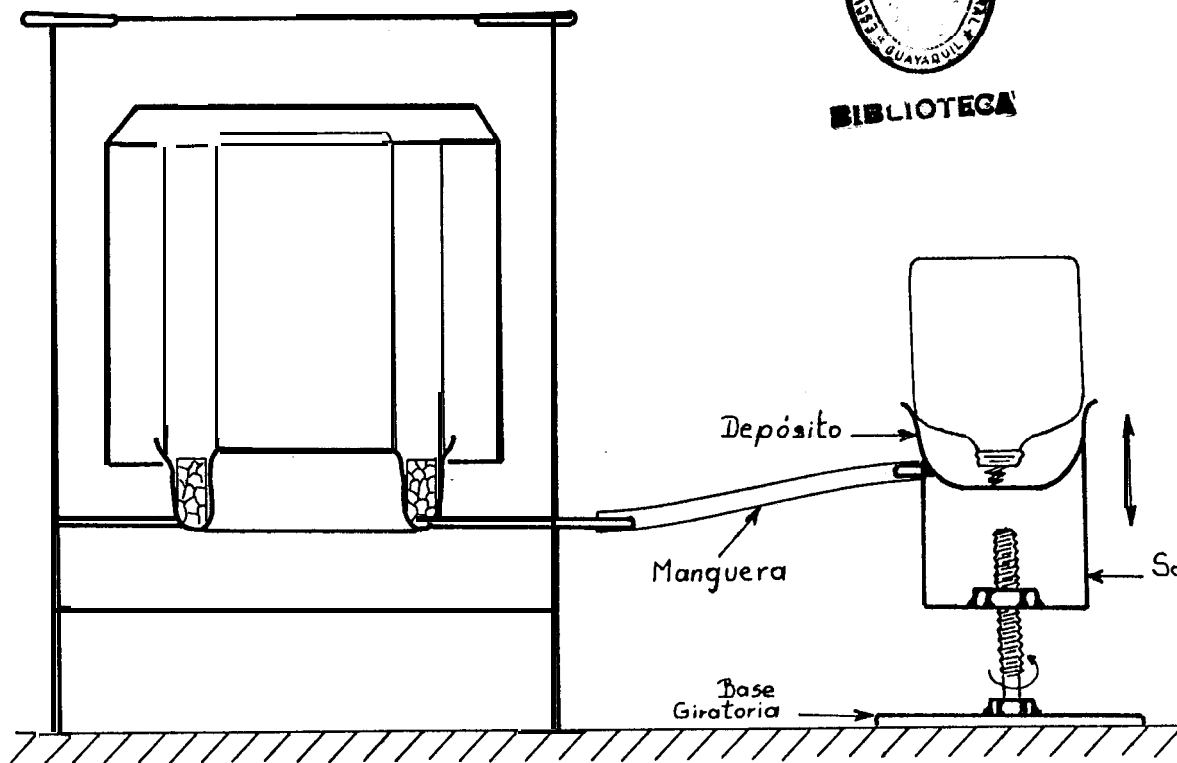


fig. 4.2. Disposición para regular el nivel de combustible

Las pruebas experimentales que se efectuaron para comparar los resultados de cada uno de los factores mencionados, consistieron básicamente en calentar una cierta cantidad de agua, para luego comparar la energía ganada por ésta con la energía suministrada por el combustible quemado.

PROCEDIMIENTO

La forma en que se realizaron los ensayos es la siguiente:

1. Pesar la olla vacía con tapa y termómetro.
2. Pesar la olla con agua hasta $\frac{2}{3}$ de su máxima capacidad.

3. Colocar la tapa con el termómetro sobre la olla, asegurando que el termómetro quede fijo en la tapa y a una distancia de aproximadamente 1cm. entre el bulbo y el fondo del recipiente.
4. Registrar la temperatura del agua al inicio de la prueba.
5. Asegurar que la cantidad de combustible en la botella sea suficiente para operar la cocineta durante todo el ensayo.
6. Encender el quemador y esperar a que se normalice la llama.
7. Pesar la cocineta con el combustible.
8. Iniciar la prueba.
9. Registrar regularmente el tiempo desde el inicio hasta el final de la prueba.
10. Registrar el tiempo que se demoró el agua en llegar a los 100°C.
11. Prolongar la prueba según la intensidad de la llama y el tamaño de la olla.
12. Una vez terminada la prueba, registrar rápidamente el peso final de la olla (con tapa y termómetro) y el peso final de la cocineta con el combustible.
13. Si se desean realizar pruebas sucesivas con la misma intensidad de llama es recomendable no apagar el quemador y no variar la altura del depósito.

EQUIPO UTILIZADO

- 2 cocinetas a KEREX, de un quemador cada una.

- 4 ollas de aluminio No. 26,24,18 y 14.
- Balanza de 50Kg de capacidad con lectura mínima de 1 gr.
- Pesos de 50, 100, 200, 500 y 1.000 grs.
- Termómetro de mercurio (hasta 110°C).
- Cronómetro.
- Agua a temperatura ambiente.
- Corcho para sujetar el termómetro.
- Herramientas.



BIBLIOTECA

4.2. ESTIMACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA UN PROCESO DE COCCION

Después de analizar los resultados obtenidos a partir de las pruebas experimentales correspondientes a la primera fase (sección 4.1), se procedió a comparar el consumo de combustible estimado para un proceso de cocción, entre la cocineta que posee las modificaciones que se creyeron más adecuadas (COCCINETA I) y la cocineta que se tiene en condiciones normales de fabricación (COCCINETA II).

Con el objeto de simplificar el proceso de cocción, se realizaron pruebas experimentales que se basan en el método o ensayo normalizado de agua hirviendo (EAH) (ref.No.12).

Los EAH son simulaciones simples y cortas de los procedimientos estandares de cocinar. Estos utilizan el agua como si se tratara de comida y con ellos se pueden calcular incógnitas como

el porcentaje de calor utilizado, la potencia y el consumo específico de combustible (relación entre masa de combustible consumido y masa de comida cocinada); simplemente se deben tomar medidas de tiempo y peso de varios parámetros que se indican más adelante.

Los ensayos incluyen una fase de "alta potencia" y otra de "baja potencia".

La fase de alta potencia implica el calentamiento de una cantidad estándar de agua (2/3 de la capacidad máxima de la olla) desde la temperatura ambiente hasta llevarla a ebullición tan rápido como sea posible y mantenerla en ese estado a la misma alta potencia por un período de 15 minutos.

En la fase de baja potencia, ésta se reduce al más bajo nivel necesario para mantener dentro del límite de 20°C de ebullición al agua durante el término de por lo menos 45 minutos.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se siguió para esta fase de análisis, basándose en los EAH es el siguiente:

1. Pesar la olla con agua hasta 2/3 de su máxima capacidad.
2. Colocar la tapa con el termómetro sobre la olla, asegurando que el termómetro quede fijo en la tapa y a una distancia

de aproximadamente 1cm. entre el bulbo y el fondo del recipiente.



3. Registrar la temperatura del agua al inicio.
4. Asegurar que la cantidad de combustible en la botella sea suficiente para operar la cocineta durante todo el ensayo.
5. Encender el quemador y esperar a que se normalice la llama cuando se opere con la COCINETA II.
6. Para el caso de la COCINETA I; graduar la altura del depósito hasta obtener la llama azul más alta.
7. Pesar la cocineta con el combustible.
8. Iniciar la fase de alta potencia.
9. Registrar el tiempo desde el inicio hasta el final de la prueba.
10. Registrar regularmente la temperatura del agua y el tiempo que ha transcurrido hasta ese momento.
11. Registrar el tiempo que se demoró el agua en llegar a los 100 °C.
12. Prolongar la prueba por 15 minutos más.

13. A los 15 minutos exactos después de haber iniciado la ebullición, rápidamente llevar a cabo las siguientes acciones:

- . Registrar el tiempo
- . Pesar la cocineta con el combustible
- . Pesar la olla con tapa y termómetro

14. Una vez registrados todos los datos de la fase de alta potencia; iniciar la fase de baja potencia.

En la COCINETA II, la fase de baja potencia se logra cerrando la válvula de paso y controlando continuamente que la llama sea lo suficientemente baja como para que el agua no hierva vigorosamente. Se debe tener cuidado que no se apague el quemador. Esto se pudo controlar abriendo la válvula de vez en cuando, para suministrar más combustible, y volviéndola a cerrar.

En la COCINETA I, la fase de baja potencia se logra graduando la altura del depósito a un nivel lo suficientemente justo como para mantener el agua dentro del margen de 2 °C de ebullición.

15. Mantener la fase de baja potencia durante 45 minutos. Si la temperatura del agua cayera más de 5°C del punto de ebullición, el ensayo debe considerarse como no válido.

16. Al finalizar la prueba, pesar la cocineta con el combustible y la olla con tapa y termómetro.

4.3. ANALISIS DE GASES

Con el objeto de poder analizar la combustión que tenía lugar en el quemador original, se procedió a hacer un muestreo de gases a la salida de la cámara de combustión.

Por medio del analizador de gases OPGAT, se pudo determinar la cantidad de CO_2 y O_2 de las muestras de los gases. Con estos porcentajes volumétricos y empleando el diagrama de Ostwald se interpolan las condiciones de combustión.

Para hacer el muestreo, se colocó un ducto de 15cm. de alto y 10cm. de diámetro sobre el quemador, a fin de dirigir los gases y de que no existan errores muy grandes en el análisis, introducidos por la acción del aire ambiente que rodea la llama y diluye los gases. Las muestras fueron tomadas como se indica en la fig. 4.3.

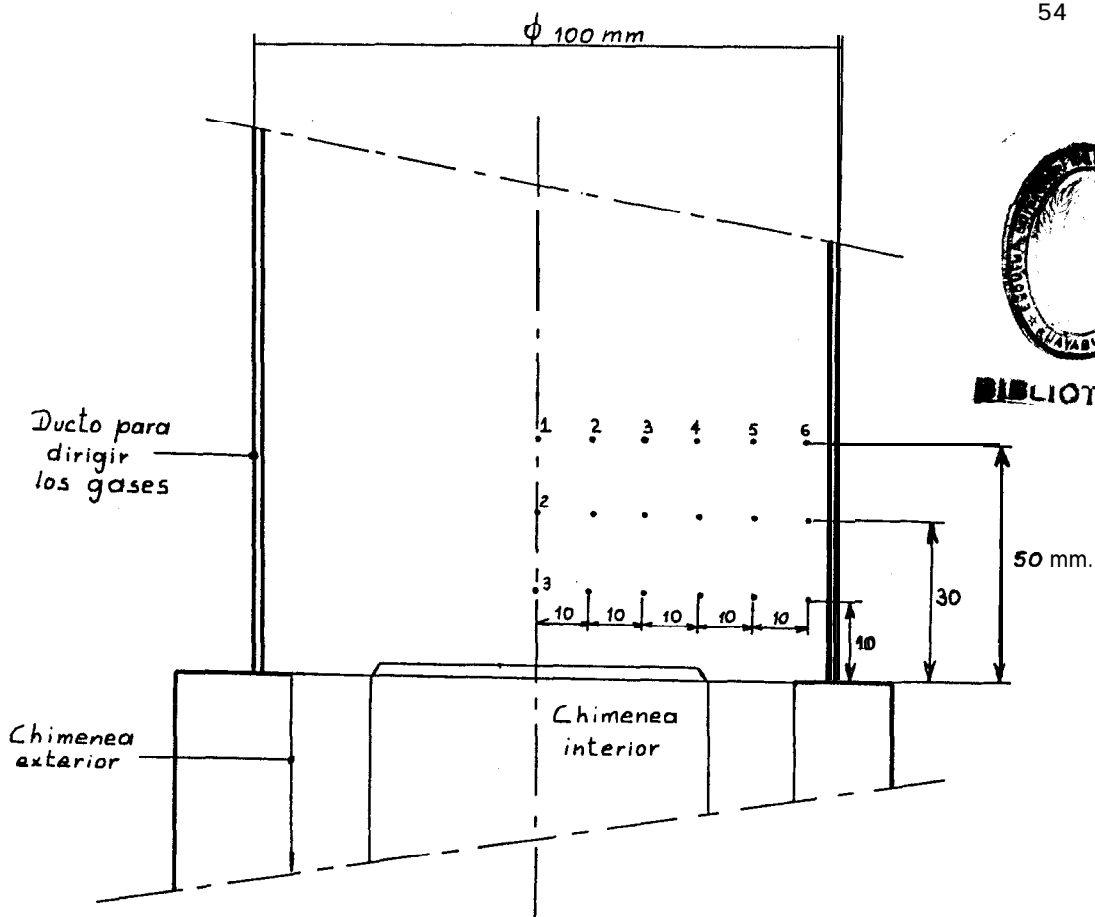


fig. 4.3. Muestreo de gases para determinar el exceso de aire.

4.3.1. Diagrama de Ostwald

El exceso o deficiencia de aire empleado durante la combustión puede cuantificarse fácilmente por medio de diagramas triangulares estudiados por Ostwald. Estos diagramas permiten relacionar cuatro porcentajes volumétricos: %CO₂, %CO, %O₂ y % de exceso de aire. Conociendo dos de estos porcentajes es posible encontrar el valor de los otros dos.

El diagrama está formado por un triángulo rectángulo. En la abscisa se colocan los % de O₂ y sobre la ordenada, los % de CO₂.

El valor máximo de % O_2 corresponde a la concentración atmosférica (21%) y el máximo % CO_2 corresponde al valor obtenido de la combustión completa con aire estequiométrico.

La máxima concentración de CO_2 ($EA=0$), se obtiene mediante:

$$\% CO_2 \text{ max} = \frac{100}{4.76 + 0.94 y/x}$$

La hipotenusa que separa la zona correspondiente a la combustión con exceso de aire y la zona con deficiencia de aire se obtiene trazando una línea desde el punto de $CO_2 \text{ max}$ al cateto del oxígeno, en el punto correspondiente al valor % O_2 , obtenido cuando se tiene combustión estequiométrica con formación de máximo CO y % CO_2 igual a cero. Este % se halla mediante:

$$\% O_2)_{CO \text{ max}} = \frac{1/2}{1+1/2 + (1+y/4x)3.76} * 100$$

Los valores del % CO constante, están representados por una familia de segmentos paralelos a la hipotenusa, y para trazarlas es suficiente hallar el punto de intersección de estas líneas con la línea de combustión estequiométrica. La manera de

encontrar los porcentajes de monóxido de carbono está-
 dada por:

$$\%CO_2)_{\text{est.}} = \frac{1}{1 + (1+EA) (1+y/4x) 3.76 + EA(1+y/4x)} * 100$$

En la figura 4.4. se muestra el diagrama de Ostwald
 para el KEREX ($C_{10}H_{22}$).

Diagrama de Oswald para el Kerex $C_{10}H_{22}$

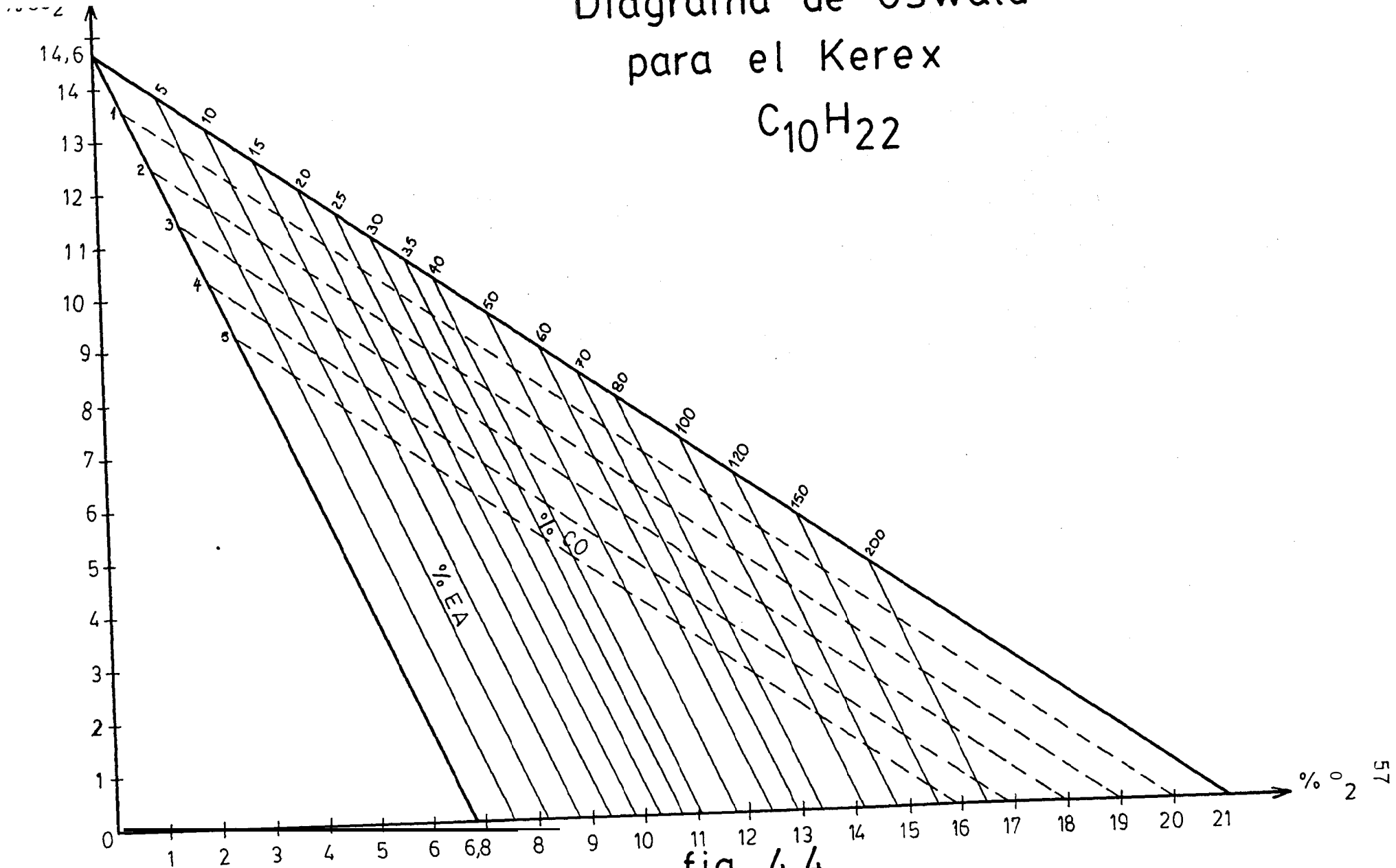


fig. 4.4

CAPITULO V



BIBLIOTECA NACIONAL DE MÉXICO

RESULTADOS

Con los datos experimentales obtenidos en el análisis de los parámetros que intervienen en el aprovechamiento del calor generado, (ver sección 4.1.), se hicieron cálculos con las siguientes expresiones:

Porcentaje de calor utilizado

$$FCU (\%) = \frac{m_a c_{p_a} (T_f - T_i) + m_v h_{fg}}{m_c B}$$

Potencia

$$P (Kw) = \frac{m_c E}{t \times 60}$$

Para estimar el consumo de combustible en un proceso normal de cocción, se usaron las siguientes fórmulas:

Porcentaje de calor utilizado en alta potencia

$$FCU)_a (\%) = \frac{m_a c_{p_a} (T_f - T_i) + \phi_a h_{fg}}{m_c)_a B}$$

Porcentaje de calor utilizado en baja potencia

$$FCU)_b (\%) = \frac{m_v)_b \cdot h_{fg}}{m_c)_b \cdot B}$$

Porcentaje de calor utilizado en general

$$FCU)_g (\%) = \frac{m_a \cdot c_{p_a} (T_f - T_i) + (m_v)_a + m_v)_b \cdot h_{fg}}{(m_c)_a + m_c)_b \cdot B}$$

Potencia en alta

$$P)_a (Kw) = \frac{m_c)_a \cdot B}{t_a \cdot 60}$$

Potencia en baja

$$P)_b (Kw) = \frac{m_c)_b \cdot B}{45 \cdot 60}$$

Rango de potencia

$$RP (Kw) = P)_a - P)_b$$

Flexibilidad

$$F (Kw/Kw) = P)_a / P)_b$$

Consumo específico

CE (gr/Kg)=Cantidad de combustible quemado/Cantidad de agua utilizada

De acuerdo con los datos que se encuentran tabulados en el Apéndice

B, se obtienen las tablas de resultados (Apéndice C)

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

- De acuerdo con el gráfico del Apéndice C.1 se tiene que para la distancia de 40 mm., el porcentaje de calor utilizado es mayor que los de las otras distancias en los 3 tamaños de ollas ensayados y con el mismo consumo de combustible. Esto podría resultar por el hecho de que si se aleja demasiado la olla, la zona de calentamiento se reduce, a más de que por los mecanismos de transferencia de calor que se presentan, se pierde parte de la energía destinada al calentamiento del recipiente, en el ambiente. En cambio, si se acerca demasiado la olla al quemador, se crea una restricción de aire; esto hace que la llama no pueda desarrollarse bien y de lugar a que se dañe la combustión al no quemarse bien el combustible.

- En el Apéndice C.2 se puede observar que la olla No.24 presenta mejor capacidad para aprovechar el calor, que las demás ollas ensayadas. La ventaja sobre las ollas No.18 y 14 puede deberse a que la superficie de calentamiento que posee la olla No.24 es mayor; esto hace que reciba una mayor cantidad de energía. Con la olla No.26 ya no sucede lo mismo, que aún teniendo mayores dimensiones y por ende mayor superficie de exposición, el porcentaje de calor utilizado disminuye. Esto indica que existe un límite en cuanto a la relación que debe haber entre el tamaño

de la olla y la capacidad del quemador. Este límite podría estar dado por la cantidad de energía que puede absorber el recipiente y por las pérdidas totales (ver Apéndice A).

La incidencia del viento hace que la llama se desvíe, sobre todo cuando se trabaja con altas potencias ya que en estos casos la llama sobresale del quemador. Al desviarse la llama, la zona que estaba calentándose, deja de hacerlo y comienza a intercambiar calor con el ambiente. Por otra parte, el viento también enfría los gases destinados a proporcionar calor por convección alrededor del recipiente. Al suceder esto, el porcentaje de calor que puede aprovechar el recipiente, disminuye. Esto se puede verificar con los resultados del Apéndice C.4.

En el Apéndice C.5 se dan los resultados sólo para los quemadores I y IV.

No se pudieron hacer pruebas con los quemadores II y III debido a que se apagaban enseguida. Es muy probable que el número de orificios de entradas de aire haya sido insuficiente, de tal forma que no podía mantenerse la combustión.

Con el quemador V en cambio se daba lugar sólo una llama amarilla con la consiguiente formación excesiva de humos. Esto daba una idea, en cambio, de que había demasiado aire para la combustión.

La potencia máxima con llama azul que se pudo conseguir para el quemador IV resultó ser mayor que la conseguida para el quemador I. Esto implica que con el quemador IV se podría lograr disminuir el tiempo empleado en un proceso de cocción, con la seguridad de que no se produzcan excesivos depósitos de hollín sobre los recipientes que se usen.

Este comportamiento de los quemadores puede verificarse con el análisis de los gases producidos en el quemador I. Los valores considerados como representativos de la combustión, corresponden a la posición fila 3 - columna 1 (ver fig. 4.3); donde:

$$CO_2 = 12 \%$$

$$O_2 = 3,8\%$$

Los demás valores sólo indican que las muestras tomadas en esos puntos corresponden a los gases ya diluidos en el ambiente; estos valores entonces no pueden ser los representativos para determinar la cantidad de aire que está interviniendo en la combustión.

Con los porcentajes anteriormente señalados e interpolando en el Diagrama de Ostwald para el KEREX, se obtiene que la combustión está manejando un 20% de exceso de aire. Este porcentaje de exceso de aire no resulta ser suficiente debido a que la mezcla del aire con el combustible no se realiza bien; ya sea porque no existe un mecanismo que produzca la turbulencia necesaria o porque el tiempo de permanencia de la mezcla en la cámara de

combustión es muy corto, por las dimensiones mismas del quemador.

De todas formas, al aumentar la cantidad de aire que va a ingresar al quemador se puede conseguir que los vapores del KEREX entren en mejor contacto con el oxígeno del aire (caso del quemador IV). Claro está que esta cantidad no deberá ser excesiva; esto provocaría una situación igual a la presentada en el quemador V.

Con los ensayos de agua hirviendo se obtuvo que:

- . La potencia mínima promedio aproximada es 0,55 Kw para la COCINETA I y 0,95 para la COCINETA II (ver Apéndice C.6).
- . Los valores de FCU general en promedio son 35% para la COCINETA I y 23,5% para la COCINETA II (ver Apéndice C.6).

Del Apéndice A se pueden obtener las pérdidas totales de calor de la olla que fue utilizada en los EAH (olla No.24); esto es 69 watts.

Con estos valores y para poder visualizar la importancia de obtener un valor de P_{min} bajo, se presenta a continuación un ejemplo de la cantidad de combustible que pueden consumir las cocinetas I y II en un proceso común de cocinado (arroz).

Según la referencia 11, la cantidad recomendada de arroz que puede cocinarse en la olla No.24 es de 1,4 Kg. De la misma

referencia se obtuvo que la energía química requerida para cocinar el arroz está alrededor de los 170 kJ/Kg y asumiendo que el tiempo que puede demorar en cocinarse esta cantidad, sea de 45 minutos; se tiene lo siguiente:

$$\frac{170,000 \text{ J/Kg}}{45 * 60} * 1,4 \text{ Kg} = 88 \text{ watts}$$

Por lo tanto, la cantidad total de energía requerida para cocinar esa cantidad de arroz, considerando las pérdidas, en la olla No.24 es:

$$E_{\text{total}} = 88 \text{ watts} + 69 \text{ watts} = \underline{157 \text{ watts}}$$

Con los valores de P_{min} y P_{cu} se puede obtener la cantidad de energía que puede entregar la COCINETA I:

$$P_{\text{min I}} * \frac{P_{\text{CU I}}}{100} = \underline{190 \text{ watts}}$$

Es decir que, la energía requerida es de 157 watts, mientras que 190 watts son entregados a la olla.

Por otra parte, para la COCINETA II la energía que puede entregar es:

$$P_{\text{min II}} * \frac{P_{\text{CU II}}}{100} = \underline{228 \text{ watts}}$$

Los resultados se tabulan a continuación:

ESTIMACION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

| COCINETA | P _{min} (watts) | Energía entreg. (watts) | Energía química arroz (watts) | Energía evapor. agua (watts) | Consumo comb. (gr) |
|----------|-----------------------------|-------------------------------|--|---------------------------------------|--------------------------|
| I | 550 | 190 | 157 | 33 | 30 |
| II | 950 | 228 | 157 | 71 | 59 |

Según la tabla, el consumo de combustible es menor y suficiente, en el caso de la COCINETA I, para poder llevar a cabo la labor de cocción mencionada. En cualquier otro proceso, la tendencia sería la misma.

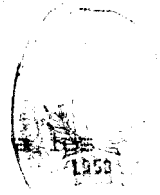
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al tomarse en cuenta los parámetros mencionados, puede incrementarse la eficiencia en este tipo de cocinetas; es así que la COCINETA I presenta mejores condiciones en cuanto a la cantidad de energía que puede desarrollar y entregar.

Los valores de potencia máxima que se alcanzan en la COCINETA I son más altos que los que se pueden obtener en la COCINETA II. Esto representa un ahorro de tiempo para el usuario.

La mínima potencia que se puede alcanzar en la COCINETA I presenta mejores condiciones de operación en procesos de cocción que necesiten desarrollarse a fuego lento.

- Una relación entre una potencia máxima alta y una potencia mínima baja tienen un efecto beneficioso sobre la economía del combustible.
- El efecto de la distancia entre la olla y el quemador se investigó trabajando con una sola potencia (1,45 Kw). Se pueden verificar los resultados de este análisis haciendo pruebas con otras potencias.
- Se podría lograr aumentar más la potencia máxima con llama azul, si se investiga la variación de la densidad de orificios



en el rango que está entre las densidades correspondientes quemadores IV y V (ver Apéndice B.4).

Queda otra inquietud en cuanto al efecto que puede causar el hecho de cambiar las dimensiones del quemador, sobre todo si se varía el espaciamiento entre las chimeneas perforadas. Esto podría dar lugar a un comportamiento distinto de la combustión, lográndose obtener mejores resultados.

Sería beneficioso que la cocineta contara con un dispositivo que regule la llama, de tal modo que la operación no resulte con un consumo innecesario de combustible.

Aunque la eficiencia de la cocineta puede ser mejorada, existe todavía el problema de que los gases de la combustión del KEREX, al bordear el recipiente, pueden contaminar los alimentos que se estén preparando; por lo tanto, es aconsejable que el sitio donde se opere la cocineta sea suficientemente ventilado, de tal modo que no se concentren estos gases.

A P E N D I C E S

A P E N D I C E A

PERDIDAS DE CALOR PARA LX OLLAS USADAS EN LOS ENSAYOS

| Olla No. | Altura de la Olla (cm) | Diámetro de la Olla (cm) | Area de la tapa (cm ²) | Pérdidas por la tapa (Watts) | Area Lateral (cm ²) | Pérdidas laterales (Watts) |
|----------|------------------------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| 14 | 8 | 14 | 154 | 10,8 | 352 | 12,3 |
| 18 | 10,5 | 18 | 255 | 17,8 | 594 | 20,8 |
| 24 | 14 | 24 | 452 | 31,7 | 1.056 | 36,9 |
| 26 | 14 | 26 | 531 | 37,2 | 1.144 | 40 |

A P E N D I C E B

DATOS EXPERIMENTALES DE LOS ENSAYOS

APENDICE B.1

DATOS EXPERIMENTALES

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR

| Distancia (mm) | Olla No. | Agua Inicial (Kg) | Agua Evaporada (Kg) | Tf - Ti (o.C) | Tiempo en Ebullir (min) | Duración de Prueba (min) | Combust. Consumido (Kg) |
|-------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 60 | 24 | 3,9 | 0,030 | 72,5 | 33,00 | 35,00 | 0,07 |
| 50 | 24 | 3,3,7 | 0,065 | 72,5 | 30,55 | 35,00 | 0,07 |
| 40 | 24 | 3,9 | 0,150 | 72,5 | 27,10 | 35,00 | 0,07 |
| 30 | 24 | 3,9 | 0,090 | 72,5 | 29,55 | 35,00 | 0,07 |
| 20 | 24 | 3,9 | 0,080 | 72,5 | 30,90 | 35,00 | 0,07 |
| 60 | 18 | 1,685 | 0,075 | 72,0 | 16,97 | 20,00 | 0,04 |
| 50 | 18 | 1,685 | 0,085 | 72,0 | 15,13 | 20,00 | 0,04 |
| 40 | 18 | 1,685 | 0,095 | 72,0 | 14,53 | 20,00 | 0,04 |
| 30 | 18 | 1,685 | 0,080 | 71,0 | 15,68 | 20,00 | 0,04 |
| 20 | 18 | 1,685 | 0,070 | 70,0 | 16,20 | 20,00 | 0,04 |
| 60 | 14 | 0,755 | 0,120 | 73,5 | 8,17 | 15,00 | 0,03 |
| 50 | 14 | 0,755 | 0,120 | 73,5 | 8,10 | 15,00 | 0,03 |
| 40 | 14 | 0,755 | 0,125 | 73,5 | 7,80 | 15,00 | 0,03 |
| 30 | 14 | 0,755 | 0,120 | 73,5 | 8,17 | 15,00 | 0,03 |
| 20 | 14 | 0,755 | 0,085 | 72,0 | 8,82 | 15,00 | 0,03 |

APENDICE B.1

DATOS EXPERIMENTALES

DISTANCIA D L L A - QUEMADOR

COMBUSTIBLE CONSUMIDO = 2gr./min

D L L A No. 24



BIBLIOTECA

| 60 mm | | 50 mm | | 40 mm | | 30 mm | | 20 mm | |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 27,5 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 27,5 |
| 2,0 | 31,5 | 2,0 | 32,0 | 2,0 | 33,5 | 2,0 | 33,5 | 2,0 | 32,0 |
| 5,5 | 40,0 | 5,0 | 39,0 | 5,0 | 42,0 | 5,0 | 40,5 | 5,5 | 40,0 |
| 7,0 | 44,0 | 8,0 | 46,0 | 7,0 | 48,0 | 8,0 | 49,0 | 7,0 | 45,0 |
| 9,0 | 48,5 | 9,0 | 48,5 | 9,0 | 53,0 | 10,0 | 53,5 | 9,0 | 50,5 |
| 12,0 | 56,0 | 12,0 | 56,5 | 12,0 | 61,0 | 12,0 | 59,0 | 12,0 | 58,0 |
| 14,0 | 61,0 | 14,0 | 61,5 | 14,0 | 66,5 | 14,0 | 64,5 | 14,0 | 63,0 |
| 16,0 | 65,0 | 16,0 | 66,0 | 16,0 | 72,0 | 16,0 | 68,5 | 16,0 | 68,0 |
| 18,0 | 69,5 | 18,0 | 71,5 | 18,0 | 77,5 | 18,0 | 73,5 | 18,0 | 72,5 |
| 20,0 | 74,5 | 20,0 | 76,5 | 20,0 | 82,5 | 20,0 | 78,5 | 20,0 | 77,5 |
| 22,0 | 78,5 | 22,0 | 81,5 | 22,0 | 87,5 | 22,0 | 83,5 | 22,0 | 82,5 |
| 24,0 | 82,5 | 24,0 | 86,0 | 24,0 | 92,5 | 24,0 | 87,5 | 25,0 | 89,5 |
| 28,0 | 91,5 | 26,0 | 91,0 | 26,0 | 97,5 | 28,0 | 97,0 | 28,0 | 96,0 |
| 31,9 | 99,5 | 29,7 | 99,5 | 26,8 | 99,5 | 29,2 | | 29,7 | 99,5 |
| 33,0 | 100,0 | 30,5 | 100,0 | 27,1 | 100,0 | 29,5 | 100,0 | 31,0 | 100,0 |
| 35,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 |

APENDICE B.1

DATOS EXPERIMENTALES

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR

COMBUSTIBLE CONSUMIDO = 2gr./min

OLLA No. 18

| 60 mm | | 50 mm | | 40 mm | | 30 mm | | 20 mm | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0 | 28,0 | 0 | 28,0 | 0 | 28,0 | 0 | 29,0 | 0 | 29,5 |
| 2 | 37,0 | 2 | 38,0 | 2 | 38,0 | 2 | 38,5 | 2 | 40,5 |
| 4 | 47,5 | 4,5 | 50,0 | 4 | 48,0 | 4 | 47,5 | 4 | 49,0 |
| 6 | 56,5 | 7 | 63,0 | 5,5 | 56,0 | 6 | 57,0 | 6 | 58,0 |
| 8 | 66,0 | a | 67,5 | 7 | 63,5 | 9 | 72,0 | 7 | 67,0 |
| 10 | 75,5 | 10 | 77,5 | 8 | 68,0 | 10 | 80,0 | 10 | 76,0 |
| 12 | 84,5 | 12 | 87,0 | 10 | 78,0 | 12 | 84,5 | 12 | 84,0 |
| 14 | 93,5 | 14 | 97,0 | 12 | 87,5 | 14 | 93,0 | 14 | 93,0 |
| 15,3 | 99,5 | 14,5 | 99,5 | 14 | 97,5 | 15,4 | 99,5 | 15,6 | 99,5 |
| 16 | 100,0 | 15,1 | 100,0 | 14,5 | 100,0 | 15,7 | 100,0 | 16,2 | 100,0 |
| 20 | 100,0 | 20 | 100,0 | 20 | 100,0 | 20 | 100,0 | 20 | 100,0 |



APENDICE B.1

DATOS EXPERIMENTALES

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR

COMBUSTIBLE CONSUMIDO = 2gr./min

OLLAMO . 1 4

| 60 mm | | 50 mm | | 40 mm | | 30 mm | | 20 mm | |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 28,0 | 0,0 | 25,5 | 0,0 | 26,5 | 0,0 | 26,5 | 0,0 | 26,5 |
| 1,0 | 35,0 | 1,0 | 35,0 | 1,0 | 37,0 | 1,0 | 34,5 | 1,0 | 34,0 |
| 2,5 | 49,0 | 2,0 | 46,0 | 2,0 | 47,5 | 2,0 | 45,0 | 2,0 | 45,0 |
| 3,0 | 53,0 | 3,0 | 57,0 | 3,0 | 58,5 | 3,0 | 55,5 | 3,0 | 56,0 |
| 5,0 | 70,5 | 4,0 | 68,0 | 4,0 | 70,0 | 4,0 | 66,0 | 4,0 | 67,0 |
| 6,0 | 79,0 | 5,0 | 77,5 | 4,5 | 74,0 | 5,0 | 75,5 | 5,0 | 77,0 |
| 7,0 | 87,0 | 6,0 | 87,0 | 5,0 | 79,0 | 6,5 | 91,0 | 6,0 | 87,5 |
| 7,5 | 93,0 | 7,0 | 98,0 | 6,5 | 94,5 | 7,0 | 96,0 | 7,0 | 97,5 |
| 8,4 | 99,5 | 7,3 | 99,5 | 7,1 | 99,5 | 7,4 | 99,5 | 7,3 | 99,5 |
| 8,8 | 100,0 | 8,2 | 100,0 | 7,8 | 100,0 | 8,1 | 100,0 | 8,2 | 100,0 |
| 15,0 | 100,0 | 15,0 | 100,0 | 15,0 | 100,0 | 15,0 | 100,0 | 15,0 | 100,0 |



APENDICE B.2

DATOS EXPERIMENTALES

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA OLLA

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR : 40 mm.

| Ulla No. | Agua Inicial (Kg) | Agua Evaporada (Kg) | $t_f - t_i$ (o.C) | Tiempo en Ebullición (min) | Duración de la Prueba (min) | Combust. Consumido (Kg) | Combust. Consumido (gr/min) |
|----------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 26,0 | 4,650 | 0,110 | 72,0 | 41,1 | 45,0 | 0,090 | 2,00 |
| 24,0 | 3,900 | 0,150 | 72,5 | 27,1 | 35,0 | 0,070 | 2,00 |
| 18,0 | 1,685 | 0,095 | 72,0 | 14,5 | 20,0 | 0,040 | 2,00 |
| 14,0 | 0,755 | 0,125 | 73,5 | 7,8 | 15,0 | 0,030 | 2,00 |
| 26,0 | 4,650 | 0,370 | 72,5 | 52,5 | 80,0 | 0,135 | 1,69 |
| 24,0 | 3,900 | 0,345 | 72,0 | 41,0 | 70,0 | 0,115 | 1,64 |
| 18,0 | 1,685 | 0,305 | 72,5 | 19,0 | 45,0 | 0,075 | 1,67 |
| 14,0 | 0,755 | 0,205 | 71,5 | 11,0 | 30,0 | 0,050 | 1,67 |
| 26,0 | 4,650 | 0,170 | 71,5 | 61,3 | 80,0 | 0,120 | 1,50 |
| 24,0 | 3,900 | 0,125 | 72,0 | 48,7 | 60,0 | 0,090 | 1,50 |
| 18,0 | 1,685 | 0,085 | 72,5 | 23,5 | 35,0 | 0,050 | 1,43 |
| 14,0 | 0,755 | 0,075 | 73,0 | 12,5 | 20,0 | 0,030 | 1,50 |
| 26,0 | 4,650 | 0,120 | 70,0 | 66,8 | 80,0 | 0,105 | 1,31 |
| 24,0 | 3,900 | 0,075 | 72,0 | 52,2 | 60,0 | 0,080 | 1,33 |
| 18,0 | 1,685 | 0,085 | 71,0 | 25,2 | 35,0 | 0,045 | 1,29 |
| 14,0 | 0,755 | 0,065 | 71,0 | 13,1 | 20,0 | 0,025 | 1,25 |



BIBLIOTECA

APENDICE B.2

DATOS EXPERIMENTALES

EFFECTO DEL TAMARO DE LA OLLA

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR : 40 m m.

OLLA No. 26

| 1,45 Kw | | 1,22 Kw | | 1,09 Kw | | 0,95 Kw | |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tierpo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tierpo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 28,0 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 28,5 | 0,0 | 30,0 |
| 6,0 | 40,0 | 7,0 | 40,5 | 5,0 | 35,5 | 7,0 | 39,0 |
| 12,0 | 52,0 | 14,0 | 52,0 | 12,0 | 46,0 | 17,0 | 51,0 |
| 18,0 | 63,5 | 21,0 | 64,0 | 22,0 | 59,5 | 29,0 | 65,0 |
| 24,0 | 74,0 | 28,0 | 75,5 | 30,0 | 69,5 | 37,0 | 73,5 |
| 30,0 | 83,5 | 35,0 | 85,0 | 40,0 | 80,5 | 48,0 | 84,0 |
| 36,0 | 93,0 | 43,0 | 94,0 | 50,0 | 90,5 | 55,0 | 90,5 |
| 40,6 | 99,5 | 52,0 | 99,5 | 60,3 | 99,5 | 65,8 | 99,5 |
| 41,1 | 100,0 | 52,5 | 100,0 | 61,3 | 100,0 | 66,8 | 100,0 |
| 45,0 | 100,0 | 80,0 | 100,0 | 80,0 | 100,0 | 80,0 | 100,0 |



APENDICE B.2

DATOS EXPERIMENTALES

EFFECTO DEL TAMAÑO DE LA OLLA

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR : 40 m i i i ,

OLLA No . 24

| 1,45 Kw | | 1,19 Kw | | 1,08 Kw | | 0,97 Kw | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 27,5 | 0,0 | 28,0 | 0,0 | 28,0 | 0,0 | 28,0 |
| 5,0 | 42,0 | 5,0 | 38,0 | 7,0 | 40,0 | 5,0 | 36,0 |
| 9,0 | 53,0 | 10,0 | 48,0 | 14,0 | 51,0 | 10,0 | 43,5 |
| 14,0 | 66,5 | 15,0 | 57,0 | 20,0 | 59,0 | 15,0 | 51,5 |
| 18,0 | 77,5 | 20,0 | 66,0 | 30,0 | 74,5 | 25,0 | 66,0 |
| 22,0 | 87,5 | 27,0 | 78,0 | 40,0 | 89,0 | 35,0 | 80,0 |
| 26,0 | 97,5 | 36,0 | 92,5 | 45,0 | 96,0 | 45,0 | 92,5 |
| 26,8 | 99,5 | 40,5 | 99,5 | 47,8 | 99,5 | 51,1 | 99,5 |
| 27,1 | 100,0 | 41,0 | 100,0 | 48,7 | 100,0 | 52,2 | 100,0 |
| 35,0 | 100,0 | 70,0 | 100,0 | 60,0 | 100,0 | 60,0 | 100,0 |

A P E N D I C E B.2

D A T O S E X P E R I M E N T A L E S

E F E C T O D E L T A M A R O D E L A O L L A

D I S T A N C I A O L L A - Q U E M A D O R : 40 m m .

O L L A N o . 1 8

| 1,45 Kw | | 1,21 Kw | | 1,04 Kw | | 0,93 Kw | |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 28,0 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 29,0 |
| 2,0 | 38,0 | 2,0 | 35,0 | 3,0 | 38,0 | 3,0 | 39,0 |
| 4,0 | 48,0 | 4,0 | 44,0 | 6,0 | 48,0 | 7,0 | 50,5 |
| 5,5 | 56,0 | 6,0 | 52,0 | 8,0 | 55,0 | 9,0 | 57,0 |
| 8,0 | 68,0 | 9,0 | 64,0 | 11,0 | 65,0 | 14,0 | 72,0 |
| 10,0 | 78,0 | 12,0 | 75,5 | 14,0 | 74,0 | 16,0 | 78,0 |
| 12,0 | 87,5 | 14,0 | 83,0 | 16,0 | 80,5 | 19,0 | 85,5 |
| 14,4 | 99,5 | 16,0 | 90,0 | 19,0 | 89,5 | 21,0 | 90,5 |
| 14,5 | 100,0 | 19,0 | 100,0 | 23,5 | 100,0 | 25,2 | 100,0 |
| 20,0 | 100,0 | 45,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 | 35,0 | 100,0 |

A P E N D I C E B.2

D A T O S E X P E R I M E N T A L E S

E F E C T O D E L T A M A Ñ O D E L A O L L A

D I S T A N C I A O L L A - Q U E M A D O R : 4 0 m m .

O L L A N o . 1 4

| 1,45 Kw | | 1,21 Kw | | 1,09 Kw | | 0,91 Kw | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) | Tiempo (min) | Temp (o.C) |
| 0,0 | 26,5 | 0,0 | 28,5 | 0,0 | 27,0 | 0,0 | 29,0 |
| 1,0 | 37,0 | 1,0 | 35,5 | 2,0 | 40,0 | 2,0 | 41,0 |
| 2,0 | 47,5 | 2,0 | 43,5 | 4,0 | 53,0 | 3,0 | 46,5 |
| 3,0 | 58,5 | 3,0 | 52,0 | 5,0 | 60,0 | 5,0 | 60,0 |
| 4,0 | 70,0 | 4,0 | 58,0 | 7,0 | 71,5 | 7,0 | 71,5 |
| 4,5 | 74,0 | 5,0 | 63,5 | 9,0 | 84,0 | 9,0 | 83,0 |
| 5,0 | 79,0 | 7,0 | 73,0 | 11,0 | 97,0 | 11,0 | 93,0 |
| 6,5 | 94,5 | 9,0 | 88,0 | 11,7 | 99,5 | 12,4 | 99,5 |
| 7,8 | 100,0 | 11,0 | 100,0 | 12,5 | 100,0 | 13,1 | 100,0 |
| 15,0 | 100,0 | 30,0 | 100,0 | 20,0 | 100,0 | 20,0 | 100,0 |

APENDICE B.3

DATOS EXPERIMENTALES

E F E C T O D E L V I E N T O

DISTANCIA OLLA - QUEMADOR : 40 m m.

OLLA No. 18

| Acción: del viento: | Agua Inicial (Kg) | Agua evaporada: (Kg) | Tf - Ti (g C) | Tiempo ebullir (min) | Duración prueba (min) | Combust. consumido (kg) | Combust. consumido (gr/min) |
|---------------------------|-------------------------|----------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | 1,685 | 0,085 | 71,0 | 25,2 | 35,0 | 0,045 | 1,290 |
| SI | 1,685 | 0,085 | 72,5 | 23,5 | 35,0 | 0,050 | 1,430 |
| | 1,685 | 0,305 | 72,5 | 19,0 | 45,0 | 0,075 | 1,670 |
| | 1,685 | 0,095 | 72,0 | 14,5 | 20,0 | 0,040 | 2,000 |
| | 1,685 | 0,095 | 73,0 | 24,2 | 35,0 | 0,045 | 1,290 |
| NO | 1,685 | 0,100 | 73,0 | 22,5 | 35,0 | 0,050 | 1,430 |
| | 1,685 | 0,365 | 72,5 | 17,2 | 45,0 | 0,075 | 1,670 |
| | 1,685 | 0,140 | 71,0 | 12,8 | 20,0 | 0,040 | 2,000 |
| | | | | | | | |

A P E N D I C E B.4

D A T O S E X P E R I M E N T A L E S

E F E C T O D E L I N G R E S O D E A I R E



BIBLIOTECA

| QUEMADOR | Diám.cil. Interior (mm) | Diám.cil. exterior (mm) | Altura Cilindros (mm) | Area tot. cilindros (dm ²) | Diámetro orificios (mm) | Número de cilindros int. | Número de orificios cil.ext. | dens. Orif. (orf/dm ²) |
|----------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--|-------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| I | 71,7 | 95,5 | 112,0 | 5,880 | 1,7 | 430,0 | 522,0 | 160,0 |
| II | 71,7 | 95,5 | 112,0 | 5,880 | 1,5 | 136,0 | 176,0 | 53,0 |
| III | 71,7 | 95,5 | 112,0 | 5,880 | 1,5 | 287,0 | 356,0 | 109,0 |
| IV | 71,7 | 95,5 | 112,0 | 5,880 | 1,5 | 602,0 | 776,0 | 234,0 |
| V | 71,7 | 95,5 | 102,0 | 5,355 | 1,7 | 776,0 | 1.161,0 | 362,0 |

A P E N D I C E B.4

A N A L I S I S D E G A S E S

P A R A E L Q U E M A D O R I

(P = 1,21 Kw)

% C O ₂

| Posición | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 4,7 | 3,2 | 2,4 | 1,8 | 1 | 0,7 |
| 2 | 10,7 | 9,6 | 8,8 | 8,3 | 4,8 | 0,3 |
| 3 | 12 | 11 | 9 | 8 | 6,6 | 3,7 |

% O ₂

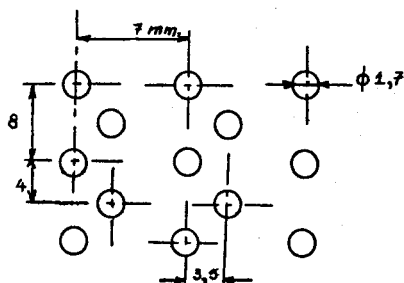
| Posición | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 12,6 | 16,8 | 17,2 | 18,2 | 19,5 | 19,5 |
| 2 | 5,5 | 7 | 8,1 | 9 | 14,1 | 20,1 |
| 3 | 3,8 | 4,2 | 6,2 | 7,4 | 11 | 15,1 |

APENDICE B.4

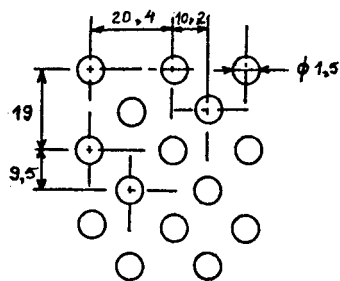
Configuración de orificios en los quemadores



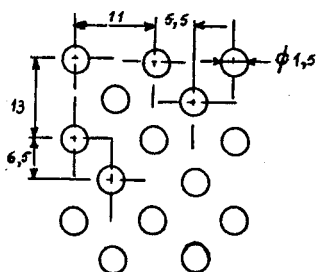
QUEMADOR I



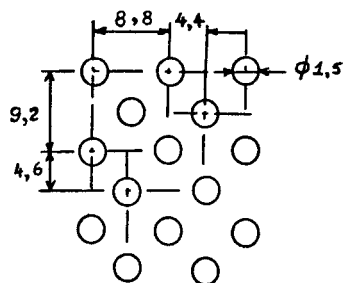
QUEMADOR II



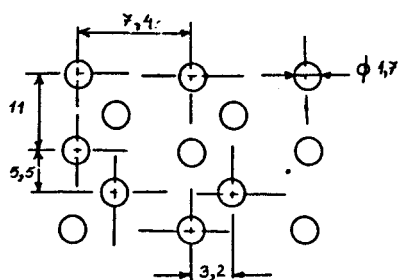
QUEMADOR III



QUEMADOR IV



QUEMADOR V



APENDICE B.5

DATOS EXPERIMENTALES

ENSAYOS DE AGUA HIRVIENDO

O L L A No. 24



| Cocina | Prueba No. | AGUA INICIAL (Kg) | | | | AGUA EVAPORADA (Kg) | | | | Tf - Ti (o.C) | | Tiempo Ebullición (min) | COMBUST. CONSUM. (Kg) | |
|--------|------------|-------------------|-------|----------|----------|---------------------|------|----------|----------|---------------|------|-------------------------|-----------------------|----------|
| | | Alta | Baja | Potencia | Potencia | Alta | Baja | Potencia | Potencia | Alta | Baja | | Potencia | Potencia |
| I | 1 | 3,9 | 3,660 | 0,240 | 0,030 | 72,0 | 2,0 | 38,3 | 0,095 | 0,025 | | | | |
| | 2 | 3,9 | 3,650 | 0,250 | 0,085 | 74,0 | 0,5 | 37,7 | 0,095 | 0,035 | | | | |
| | 3 | 3,9 | 3,620 | 0,280 | 0,115 | 75,0 | 0,0 | 34,5 | 0,095 | 0,040 | | | | |
| II | 1 | 3,9 | 3,805 | 0,095 | 0,095 | 75,0 | 0,0 | 57,6 | 0,105 | 0,055 | | | | |
| | 2 | 3,9 | 3,795 | 0,105 | 0,115 | 76,0 | 0,0 | 59,1 | 0,110 | 0,060 | | | | |

| COCINETA I | | | | | |
|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| PRUEBA No. 1 | | PRUEBA No. 2 | | PRUEBA No. 3 | |
| Tiempo (min) | Temp o.C | Tiempo (min) | Temp o.C | Tiempo (min) | Temp o.C |
| 0,0 | 28,0 | 0,0 | 26,0 | 0,0 | 25,0 |
| 4,0 | 37,5 | 4,0 | 37,5 | 5,0 | 37,0 |
| 8,0 | 45,5 | 8,0 | 45,0 | 12,5 | 54,0 |
| 12,0 | 53,5 | 12,0 | 53,5 | 17,5 | 65,5 |
| 16,0 | 61,5 | 16,0 | 62,5 | 23,5 | 79,0 |
| 21,0 | 71,0 | 20,0 | 69,0 | 29,0 | 89,5 |
| 27,0 | 82,5 | 24,0 | 77,0 | 34,0 | 99,5 |
| 31,0 | 89,0 | 28,0 | 84,0 | 34,5 | 100,0 |
| 35,0 | 96,0 | 32,0 | 91,0 | * | * |
| 37,6 | 99,5 | 37,2 | 99,5 | * | * |
| 38,3 | 100,0 | 37,8 | 100,0 | * | * |

| COCINETA II | | | |
|--------------|----------|--------------|----------|
| PRUEBA No. 1 | | PRUEBA No. 2 | |
| Tiempo (min) | Temp o.C | Tiempo (min) | Temp o.C |
| 0,0 | 25,0 | 0,0 | 24,0 |
| 5,0 | 32,5 | 5,5 | 32,0 |
| 12,0 | 44,0 | 10,0 | 39,0 |
| 20,0 | 56,0 | 18,0 | 50,5 |
| 25,0 | 63,5 | 25,0 | 61,0 |
| 30,0 | 70,5 | 30,0 | 68,0 |
| 35,0 | 77,0 | 35,0 | 75,0 |
| 40,0 | 83,0 | 40,0 | 80,5 |
| 50,0 | 94,0 | 50,0 | 91,0 |
| 56,3 | 99,5 | 58,3 | 99,5 |
| 57,6 | 100,0 | 59,1 | 100,0 |

A P E N D I C E C

R E S U L T A D O S



A P E N D I C E C . 1

R E S U L T A D O S, DISTANCIA OLLA - QUEMADOR

PORCENTAJE DE CALOR UTILIZADO

$$P = 1,45 \text{ Kw}$$

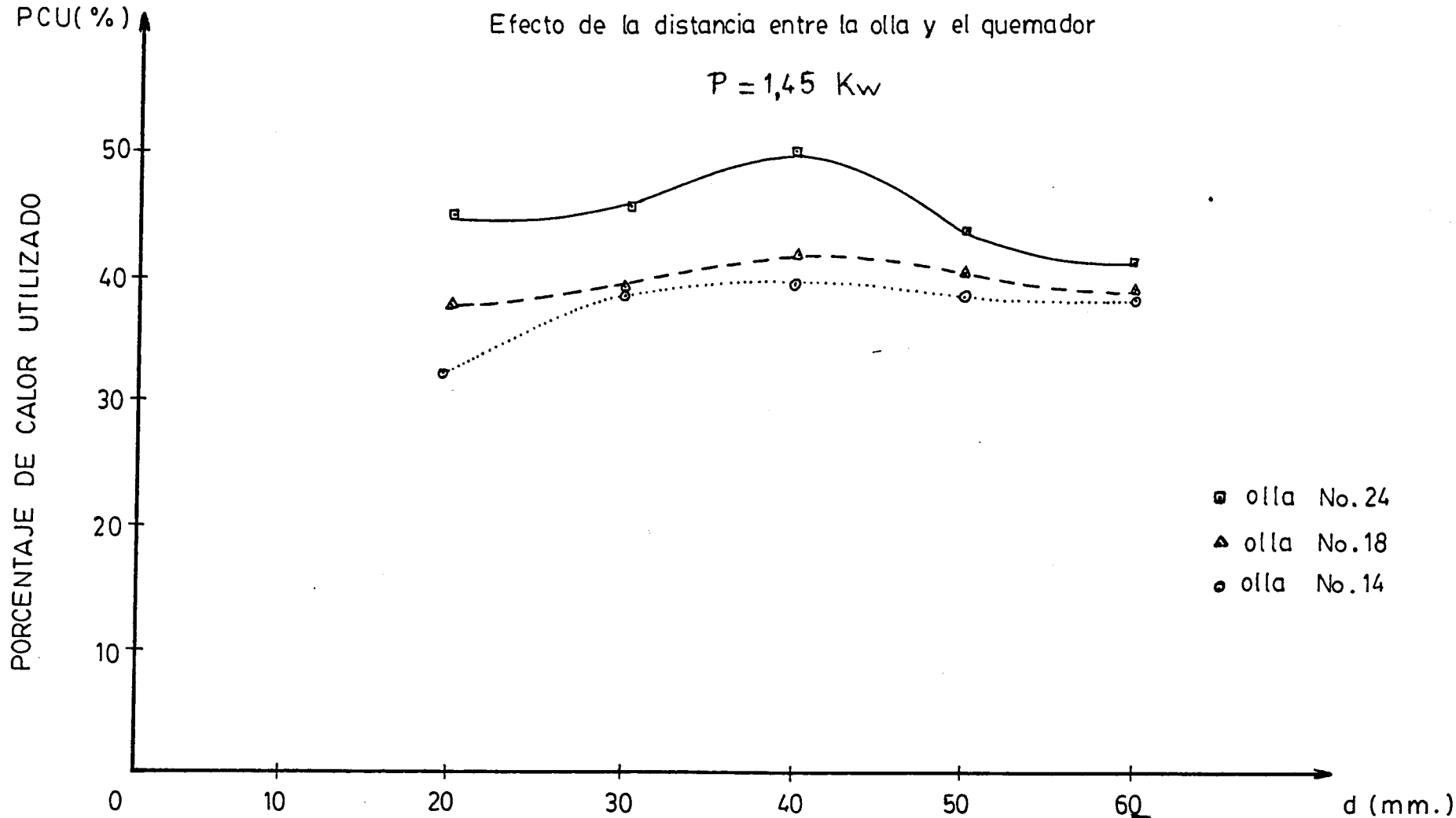
| OLLA No. | DISTANCIA DE LA OLLA AL QUEMADOR (mm) | | | | |
|----------|---------------------------------------|------|------|------|------|
| | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
| 14 | 32,1 | 38,7 | 39,4 | 38,6 | 38,6 |
| 18 | 37,7 | 39,2 | 41,5 | 40,2 | 38,9 |
| 24 | 44,8 | 45,6 | 50,0 | 43,7 | 41,1 |

APENDICE C.1

RESULTADOS

Efecto de la distancia entre la olla y el quemador

$P = 1,45 \text{ Kw}$



A P E N D I C E C . 2

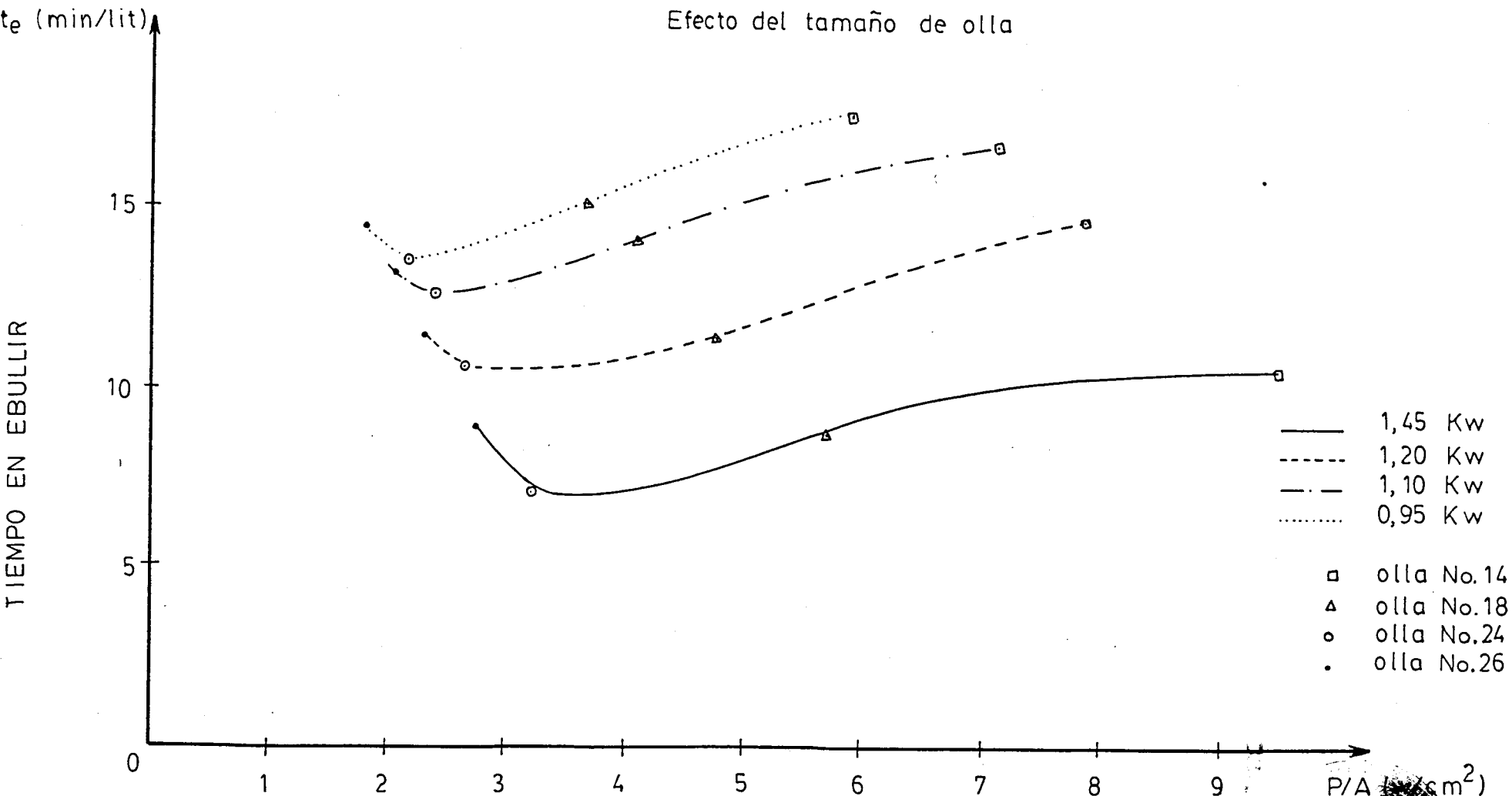
RESULTADOS PARA EL EFECTO DEL TAMAÑO DE LA OLLA

| OLLA No. | AREA BASE (cm ²) | POTENCIA (W) | P/A (W/cm ²) | t ebull (min) | Masa agua (Kg) | PCU (%) | t ebull (min/lt) |
|----------|------------------------------|--------------|--------------------------|---------------|----------------|---------|------------------|
| 2 6 | 5 3 1 | 1.450,0 | 2,73 | 41,1 | 4,650 | 42,10 | 8,84 |
| | | 1.220,0 | 2,30 | 52,5 | | 37,80 | 11,29 |
| | | 1.090,0 | 2,05 | 61,3 | | 34,00 | 13,17 |
| | | 950,0 | 1,79 | 66,8 | | 35,80 | 14,36 |
| 2 4 | 4 5 2 | 1.450,0 | 3,21 | 27,1 | 3,900 | 50,00 | 6,95 |
| | | 1.190,0 | 2,63 | 41,0 | | 39,10 | 10,51 |
| | | 1.080,0 | 2,39 | 48,7 | | 37,20 | 12,48 |
| | | 970,0 | 2,15 | 52,2 | | 38,70 | 13,40 |
| 1 8 | 2 5 5 | 1.450,0 | 5,69 | 14,5 | 1,685 | 41,5 | 8,6 |
| | | 1.210,0 | 4,75 | 19,0 | | 36,8 | 11,3 |
| | | 1.040,0 | 4,10 | 23,5 | | 32,3 | 14,0 |
| | | 930,0 | 3,65 | 25,2 | | 35,4 | 15,0 |
| 1 4 | 1 5 4 | 1.450,0 | 9,42 | 7,8 | 0,755 | 39,4 | 10,3 |
| | | 1.210,0 | 7,86 | 11,0 | | 31,7 | 14,5 |
| | | 1.090,0 | 7,08 | 12,5 | | 30,7 | 16,5 |
| | | 910,0 | 5,91 | 13,1 | | 34,1 | 17,4 |

APENDICE C.2

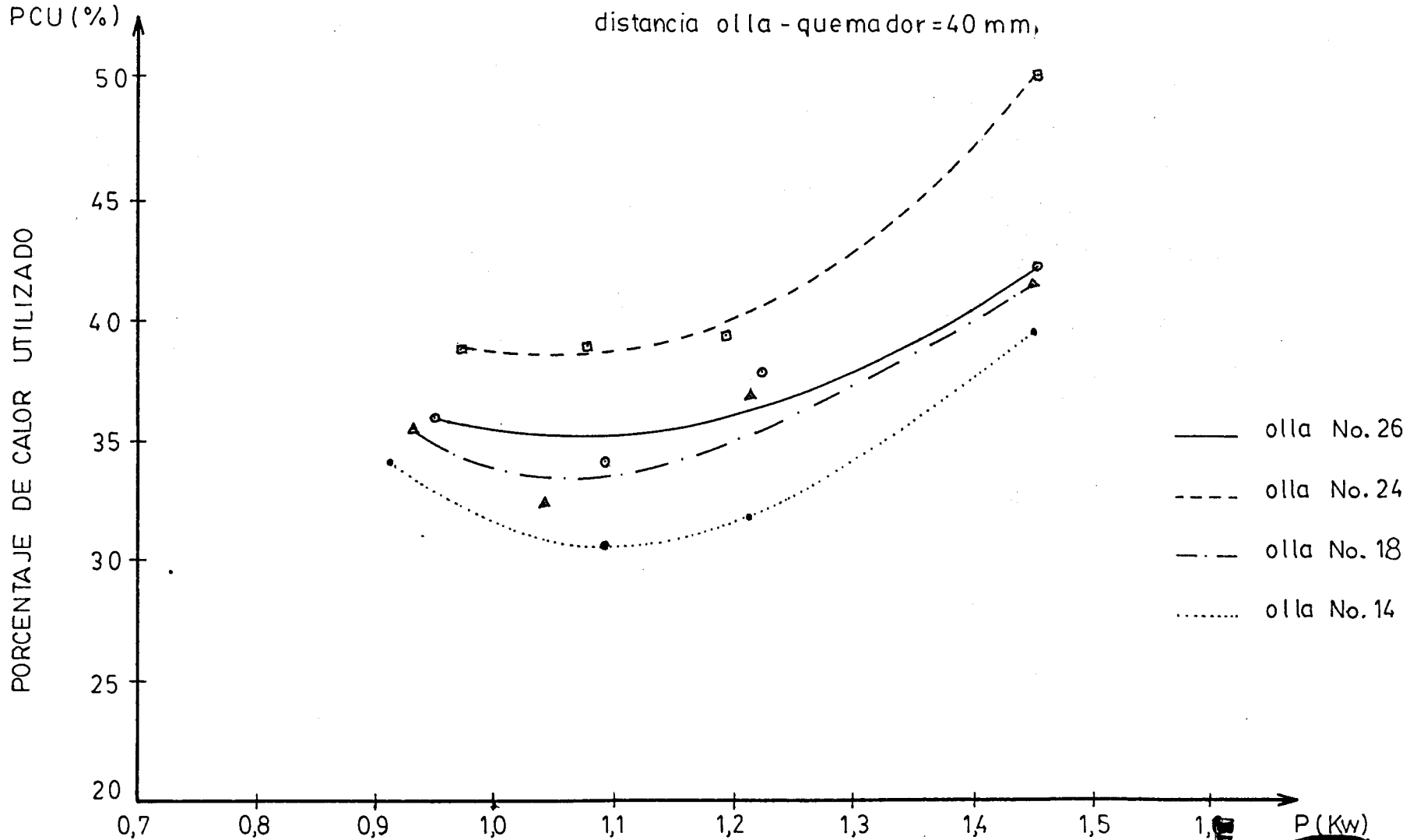
RESULTADOS

Efecto del tamaño de olla



APENDICE C.3

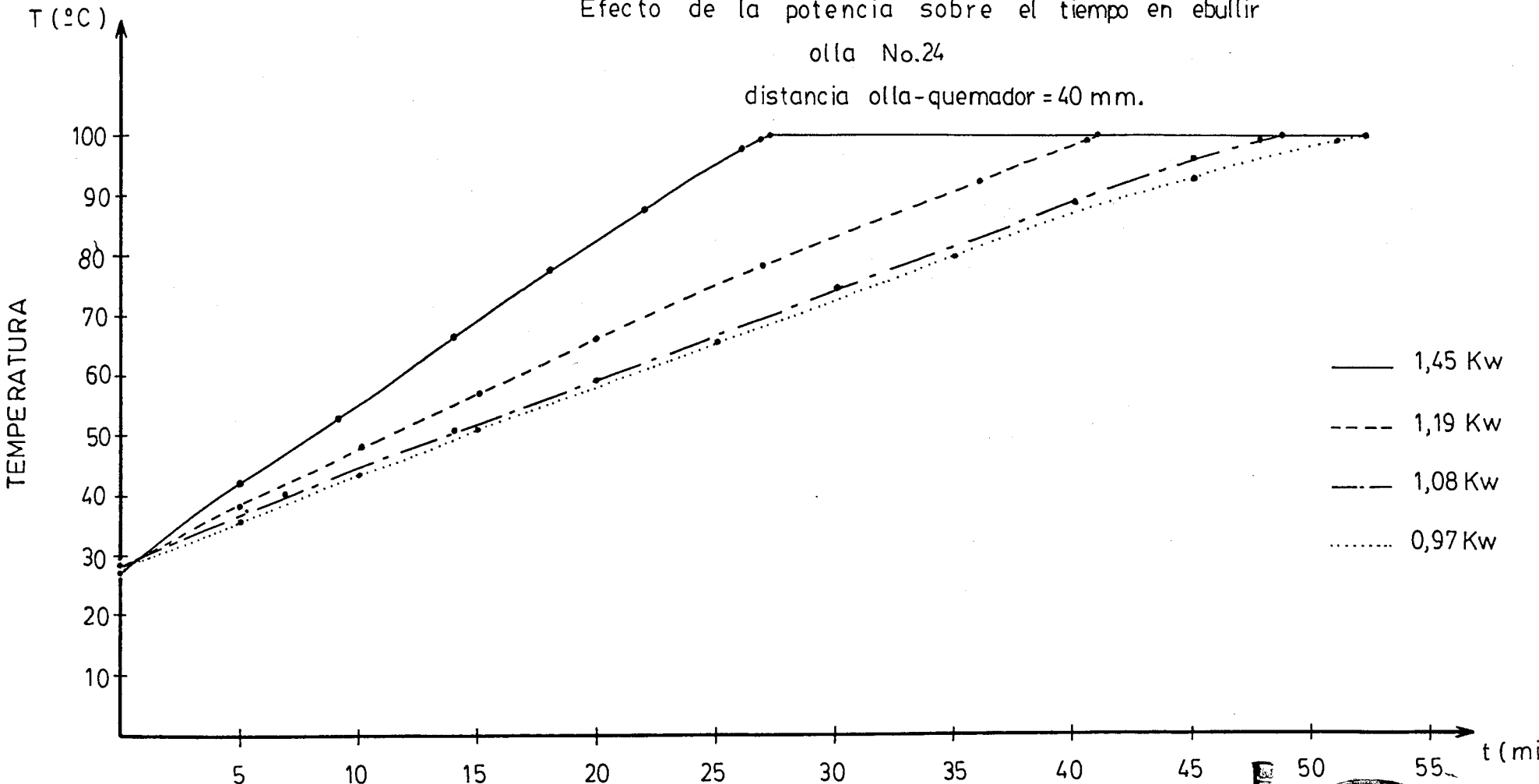
RESULTADOS, Efecto de la potencia sobre el porcentaje de calor utilizado
 distancia olla - quemador = 40 mm,



APENDICE C.3

RESULTADOS

Efecto de la potencia sobre el tiempo en ebullición
olla No.24
distancia olla-quemador = 40 mm.

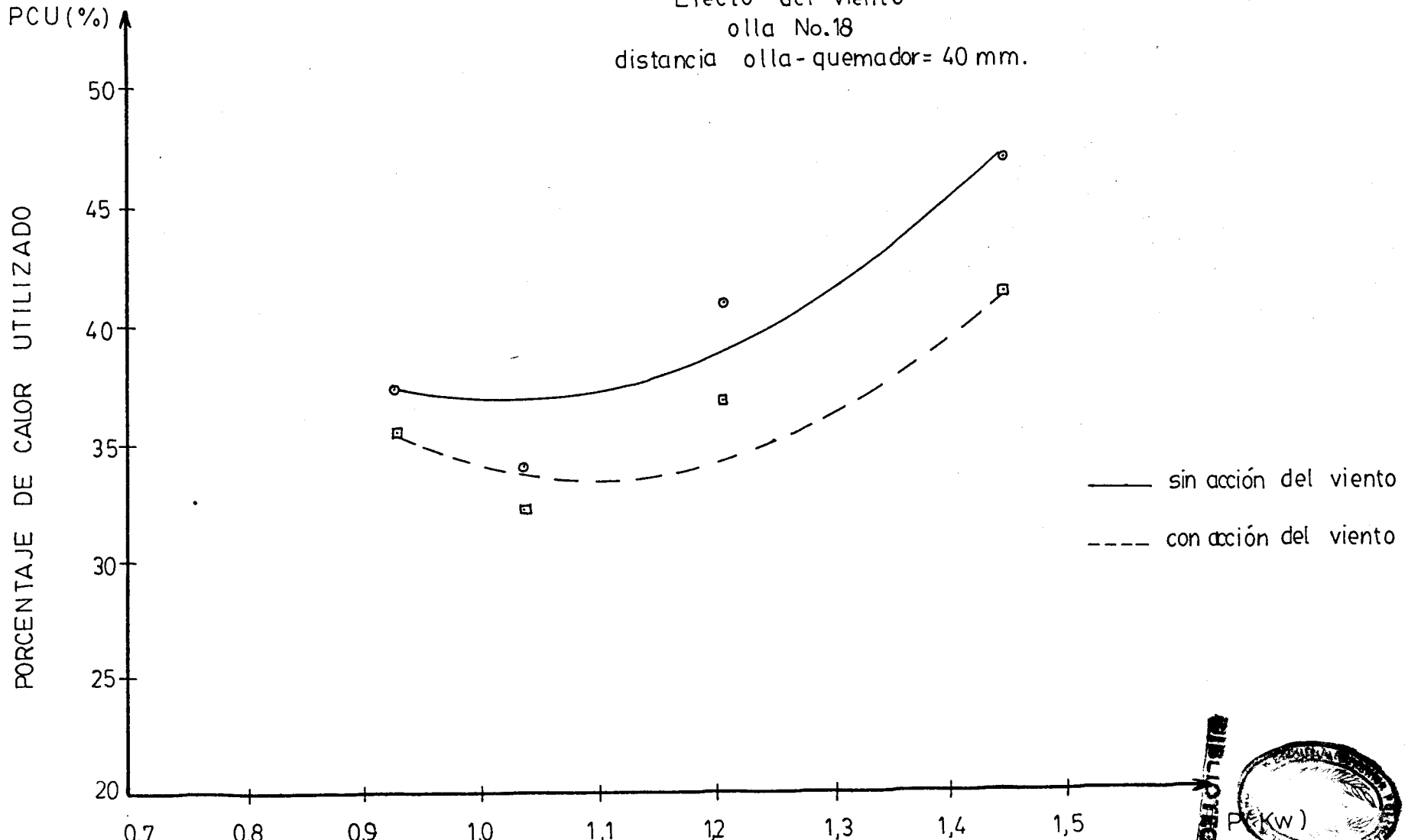


A P E N D I C E C . 4

RESULTADOS PARA EL EFECTO DEL VIENTO

| Acción del viento | Potencia P (Kw) | Porcentaje de calor utilizado (%) |
|-------------------------|-----------------------|---|
| S I | 0,93 | 35,4 |
| | 1,04 | 32,3 |
| | 1,21 | 36,8 |
| | 1,45 | 41,5 |
| N O | 0,93 | 37,3 |
| | 1,04 | 34,0 |
| | 1,21 | 40,9 |
| | 1,45 | 47,0 |

APENDICE C.4
RESULTADOS
Efecto del viento
olla No.18
distancia olla-quemador= 40 mm.





A P E N D I C E C . 5

RESULTADOS PARA EL EFECTO DEL INGRESO DE AIRE

| Quemador | Densidad de orificios (orf/dm^2) | Fmax llama amarilla (Kw) | Fmax llama azul (Kw) | Fmin (Kw) |
|----------|---|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|
| I | 160 | 1,45 | 1,20 | 0,65 |
| IV | 234 | 1,60 | 1,43 | 0,65 |

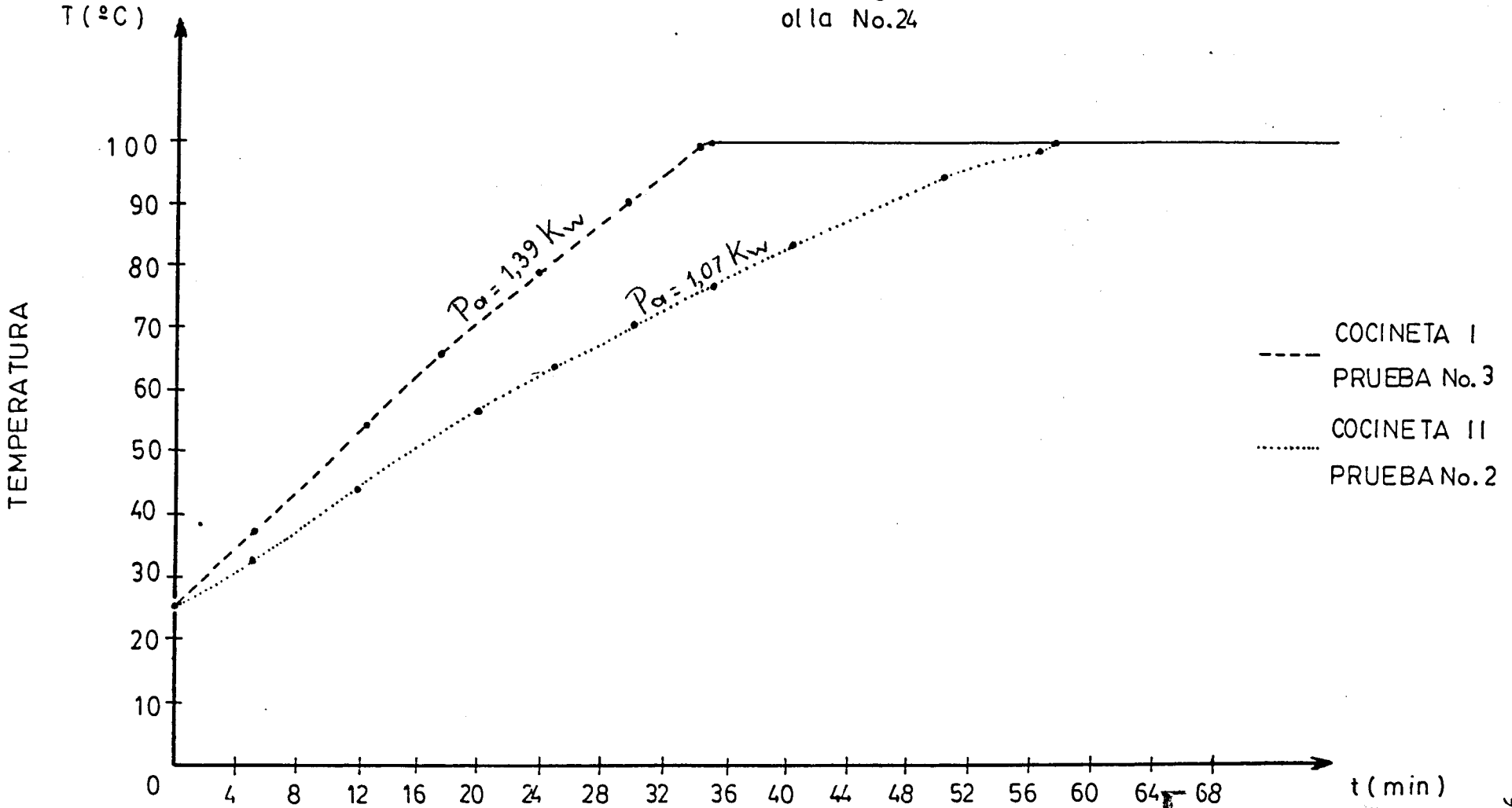
A P E N D I C E C . 6

RESULTADOS PARA LA ESTIMACION DEL

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

| COCINETA | Prueba No. | Porcentaje de calor utilizado (%) | | | P o t e n c i a (Kw) | | Rango de Potencia (Kw) | Flexi- bilidad F (Kw/Kw) | Consumo especif. (gr/Kg) |
|----------|---------------|--------------------------------------|------------------|---------|-------------------------|------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | | Alta Potencia | Baja Potencia | General | Alta | Baja | | | |
| I | 1 | 41,6 | 6,2 | 34,2 | 1,29 | 0,40 | 0,89 | 3,2 | 31 |
| | 2 | 42,9 | 12,6 | 34,7 | 1,31 | 0,56 | 0,75 | 2,4 | 33 |
| | 3 | 45,0 | 14,9 | 36,0 | 1,39 | 0,64 | 0,75 | 2,2 | 35 |
| II | 1 | 31,5 | 9,0 | 23,8 | 1,05 | 0,89 | 0,16 | 1,2 | 41 |
| | 2 | 30,9 | 9,9 | 23,5 | 1,07 | 0,97 | 0,10 | 1,1 | 44 |

APENDICE C.6
RESULTADOS
Ensayos de agua hirviendo
olla No.24



BIBLIOGRAFIA



BIBLIOTECA

- 1) BARRIGA ALFREDO/SOLIS MANUEL. Reporte: Análisis de cocinas a KEREX para zonas populares del Litoral; ESPOL, Abril/1.989.
- 2) OEPE. Certificado de calidad; Características del KEREX; Refinería Esmeraldas, 1.982.
- 3) CHAO JULIO. Tesis: Pautas para el diseño y construcción de fogones eficientes para la combustión de cáscara de arroz; ESPOL, 1.987.
- 4) DIARIO EL COMERCIO. 1o. al 15 de Julio de 1.989.
- 5) EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY. Kerosene stoves and single wick fuel burning. Report from woodburning stove group; Faculty of Physics; Eindhoven, Feb./1.989.
- 6) INSTITUTO DEL PETROLEO. Moderna Tecnología del Petróleo; Buenos Aires, 1.963.
- 7) LASCANO RAUL. Análisis de Plantas; ESPOL, 1.986.
- 8) LEBELEIRE/FRASAD/VERHAART/VISEER. A woodstove compendium. A publication from the woodburning stove group, the Netherlands, 1.981.

- 9) OREL RODOLFO. El cálculo de la combustión; Buenos Aires, 1.954.
- 10) PATINO MARIO. Seminario: Combustión y Contaminación Industrial; ESPOL, Febrero de 1.988.
- 11) WORLD BANK ENERGY DEPARTMENT. Test results on kerosene and other stoves for developing countries, 1.988.
- 12) VITA/ITDG. Ensayos de estufas de leña para cocinar; Estándares provisionales internacionales; Arlington, Diciembre de 1.982.