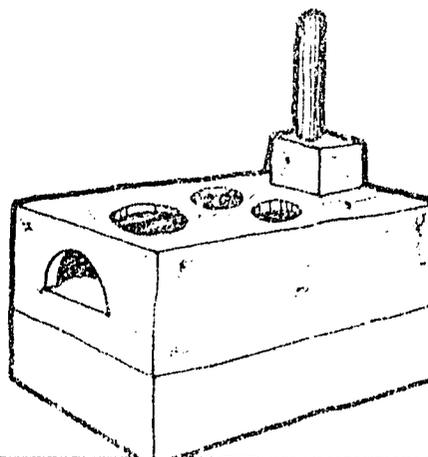
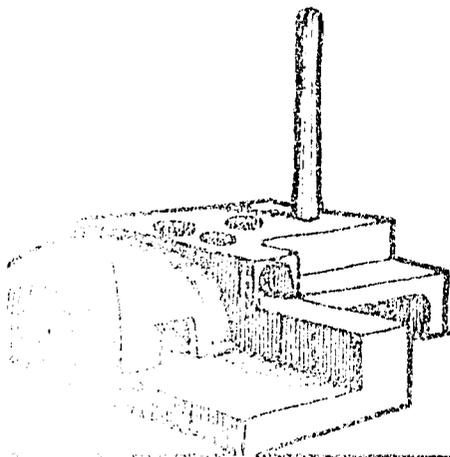
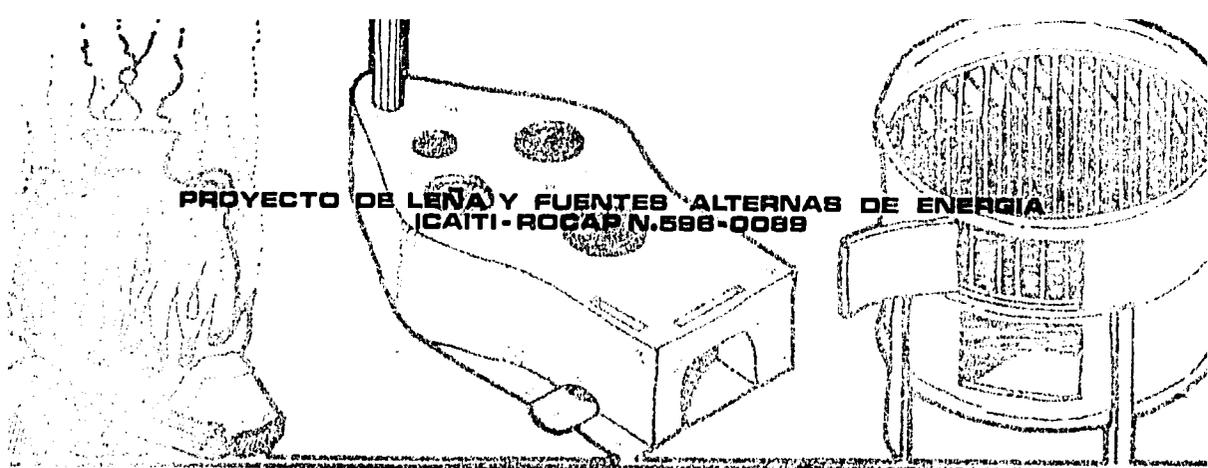


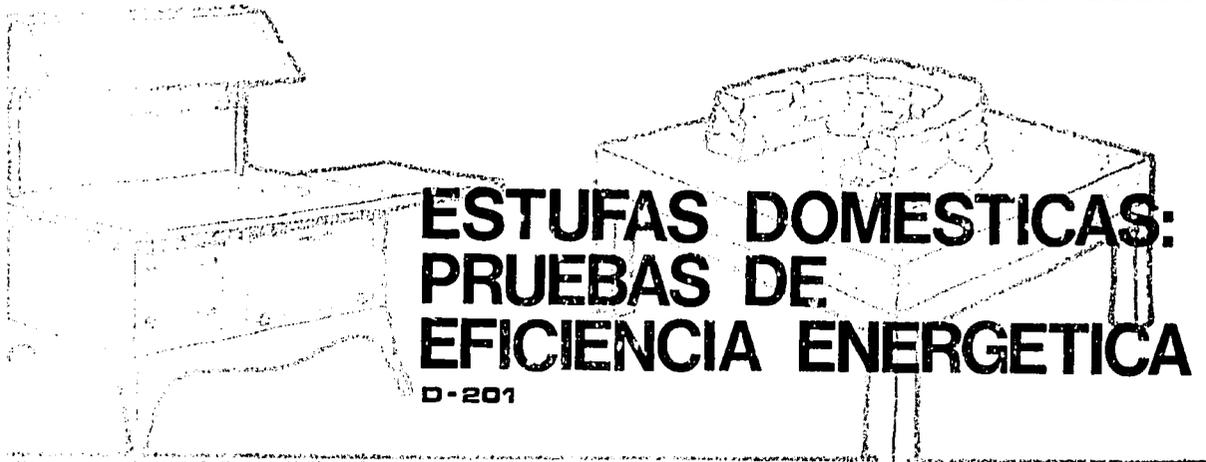
PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA

(ICAITI - ROCAP N.598-0089)

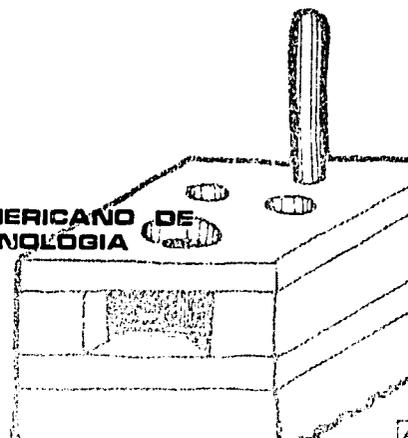
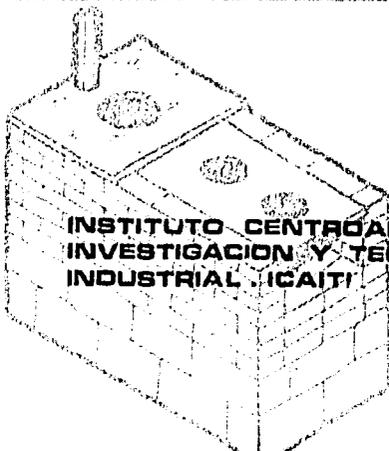


ESTUFAS DOMESTICAS: PRUEBAS DE EFICIENCIA ENERGETICA

D-201



**INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA
INDUSTRIAL (ICAITI)**



PN-ARM-427. 62
150-52641

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION
Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
(I C A I T I)

ESTUFAS DOMESTICAS:
PRUEBAS DE
EFICIENCIA ENERGETICA

PROYECTO DE LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA
ICAITI-ROCAP No. 596-0089
n - 201

CONTENIDO

ANTECEDENTES

RESUMEN

CONCLUSIONES

OBJETIVO DEL PRESENTE INFORME

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

1. LOS SISTEMAS DE COCINAR EXISTENTES
 - 1.1 Sistema de fuego abierto
 - 1.2 Sistema de fuego parcialmente abierto
 - 1.3 Sistema de fuego aislado
2. LOS SISTEMAS DE COCINAR QUE SE ESTUDIARON
 - 2.1 Requisitos para la selección
 - 2.2 Modelos seleccionados
3. PRUEBAS REALIZADAS
 - 3.1 Pruebas de simulación (PS)
 - 3.1.1 Condiciones para las pruebas
 - 3.1.2 El método ideal para las pruebas de simulación
 - 3.1.2.1 Calor que ingresa a la estufa
 - 3.1.2.2 Calor cedido a los recipientes
 - 3.1.2.3 Las otras partidas del calor
 - 3.1.2.4 Conclusión
 - 3.1.3 Condiciones generales para la realización de las pruebas
 - 3.1.3.1 Combustible
 - 3.1.3.2 Recipientes
 - 3.1.3.3 Residuos
 - 3.1.3.4 Valor de las constantes físicas empleadas
 - 3.1.4 Procedimientos ensayados. Primera serie
 - 3.1.4.1 Descripción de los procedimientos ensayados
 - 3.1.4.2 Resultados obtenidos
 - 3.1.4.3 Análisis de los resultados obtenidos
 - 3.1.4.4 Comentarios sobre la primera serie de ensayos
4. PROCEDIMIENTO DEFINITIVO PARA LAS PS
 - 4.1 Descripción

- 4.2 Resultados obtenidos
- 4.3 Consideraciones acerca de los resultados obtenidos
- 5. PRUEBAS PRACTICAS (PP)
 - 5.1 Descripción del procedimiento
 - 5.2 Resultados obtenidos
- 6. MODELOS SELECCIONADOS PARA LA PRUEBA DE CAMPO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- A. Gráficas de Resultados obtenidos en los Procedimientos ensayados para las Pruebas de Simulación. Primera Serie.
- B. Gráficas de Resultados obtenidos con el Procedimiento Definitivo para las Pruebas de Simulación.
- C. Respuestas de las Cocineras.
- D. Formularios llenados para las PP.

ANTECEDENTES

En septiembre de 1979, la Oficina Regional para Programas Centroamericanos, ROCAP, y el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial, ICAITI, celebraron un contrato según el cual el Instituto ejecutaría el Proyecto denominado "Leña y fuentes alternas de energía", cuyo objetivo es desarrollar tecnologías orientadas a reducir el consumo de leña en la región de Centroamérica y Panamá.

Para la realización del citado proyecto, el Instituto organizó tres equipos de trabajo, a saber:

- Equipo de Combustión;
- Equipo de Biogás; y,
- Equipo de Energía Solar.

Las actividades de los dos últimos, están dirigidas a estudiar fuentes alternas de energía que contribuyan a sustituir el uso de la leña como combustible.

En cuanto al Equipo de Combustión, éste se ha dividido en dos grupos, Combustión Industrial y Combustión Doméstica.

Las actividades del grupo de Combustión Doméstica, se orientan a estudiar las técnicas que pueden emplearse para reducir el consumo de la leña como combustible para cocinar, tal como se realiza esta actividad en la mayoría de los hogares de la región.

Para alcanzar su objetivo, el grupo de Combustión Doméstica planeó sus actividades según las tres etapas siguientes:

- 1) Investigación inicial;
- 2) Pruebas de campo; y,
- 3) Adaptación técnica.

RESUMEN DEL PRESENTE INFORME

Este informe contiene la descripción de las actividades realizadas y de los resultados obtenidos por el grupo de Combustión Doméstica en la etapa de INVESTIGACION INICIAL realizada sobre estufas domésticas, como parte del Proyecto de Leña y Fuentes Alternas de Energía desarrollado por el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial - (ICAITI), con el patrocinio de ROCAP.

SECCION 1.

Se hizo una revisión de documentos, y se hicieron consultas a varias instituciones sobre los sistemas de cocinar existentes en la región centroamericana y en algunas otras regiones del mundo. Se hicieron observaciones directas de estufas eficientes ya construidas en diversos lugares.

Esta Sección describe varios de los sistemas y algunas de las variantes de cada sistema sobre los que se recogió información más completa:

- a) Cuatro variantes del Sistema de Fuego Abierto, el más común, en páginas 7, 8 y 9.
- b) Siete variantes del Sistema de Fuego Parcialmente Abierto, poco común, en páginas 10, 11, 12 y 13.
- c) Diecinueve variantes del Sistema de Fuego Aislado, que es poco usado, pero que en los últimos años se ha comenzado a generalizar, en páginas de la 14 a la 24.

SECCION 2.

Se establecieron los requisitos para hacer una selección de diferentes unidades de los distintos sistemas, con el propósito de construir modelos y evaluar sus características. Los requisitos fijados son:

- a) Construcción con materiales comunes.
- b) Construcción que sólo requiere técnicas comunes en la región.
- c) Construcción con herramientas comunes.
- d) Bajo costo.
- e) Características que posibiliten la adaptación a las costumbres locales para cocinar.

Se seleccionaron las estufas que satisficieron los requisitos fijados, y resultaron seleccionadas 16 diferentes unidades, de cada una de las cuales se construyó un modelo en las instalaciones del ICAITI: E. Lorena, E. Senegal, E. Ghana, E. Singer, E. Chula, E. de Perspire, E. de plancha tipo Rossi, E. metálica de tambor, E. Ceta I, E. de Adobes, F. de Blocks, E. de barril, E. de Java, Fuego Abierto, Fogón en "U".

SECCION 3.

Entre las pruebas a que se someterían los modelos construidos, se resolvió realizar lo que en este informe se designa como "pruebas de simulación" y que se abrevia "PS", mediante las cuales se trató de establecer una medida de la "eficiencia" de cada modelo, usando trastos con agua en vez de alimentos.

Al proceder a escoger el método de prueba, se descartó el que en este informe se llama "método ideal" que consiste en la determinación de todas las partidas de calor que pueden identificarse en una estufa en funcionamiento. La complejidad de los experimentos, y de los cálculos, así como la cuantía de los recursos materiales y de tiempo que este método ideal requiere, fueron las razones para descartarlo.

En sustitución del "método ideal", se eligió un método derivado de éste, para el cual sólo es necesario determinar experimentalmente dos partidas de calor, con las que es posible calcular una cifra que representa la "eficiencia" de cada unidad probada. Se estudiaron cuatro procedimientos para aplicar el método. En las páginas 40 y 41 se consignan los resultados de estos trabajos, resultados que muestran que el método escogido no resultó apropiado para medir la "eficiencia", tal como se pretendía; por lo tanto, con el método usado tampoco resultó posible medir los ahorros de cada modelo probado, ni compararlos entre sí.

Esta Sección se complementa con las gráficas del Anexo A que contienen los registros de las pruebas hechas.

SECCION 4.

Con base en las experiencias obtenidas en las pruebas descritas en la Sección 3, se eligió un "procedimiento definitivo" para las Pruebas de

X

Simulación, que se basa en las mediciones de las áreas debajo de las curvas temperatura-tiempo, áreas que se consideraron proporcionales a la energía calorífica aprovechada en los recipientes durante las operaciones simuladas de cocinar, realizadas bajo control.

Con este procedimiento sí fue posible cuantificar una "eficiencia comparada" mediante la cual se logró establecer que entre las unidades probadas había cinco que resultaron con una capacidad de ahorro superior al 20 por ciento, al compararlas con el fogón abierto que se tomó como referencia.

Se concluyó que los valores de eficiencia obtenidos en las pruebas podrían resultar ser más altos en unidades reales que operaran en forma continua y fueran manejadas por cocineras que hicieran su trabajo en forma apropiada.

Esta Sección se complementa con el Anexo B que contiene las gráficas de operación de las pruebas hechas.

SECCION 5.

Además de las Pruebas de Simulación (PS) ya descritas en las secciones 3 y 4, con los modelos construidos se efectuó una serie de Pruebas Prácticas (PP). Estas consistieron en la preparación de alimentos reales, en tipos y cantidades semejantes a los que se preparan en una casa en que comen de 4 a 5 personas. Las operaciones de cocina fueron hechas por cocineras no profesionales, pero con experiencia en este tipo de trabajo.

Estas pruebas demostraron claramente que los ahorros reales de una determinada estufa resultan afectados por las costumbres de la persona que la opera, y que dos diferentes operadores pueden lograr ahorros de muy diferente magnitud.

En esta fase se sometió a las operadoras a un cuestionario abierto con cuestiones relativas a sus opiniones sobre las estufas, los ahorros logrados con ellas, y otras características de interés.

Esta Sección se complementa con el Anexo C que contiene las opiniones dadas por las cocineras; y con el Anexo D que contiene modelos de los cuestionarios que se llenaron para establecer los consumos de leña y los períodos de tiempo ocupados en los trabajos de cocina.

SECCION 6.

Con base en los resultados de las PS y de las PP y otros cuatro factores, se escogieron seis estufas para que fueran construidas en hogares del área rural y sometidos a todas las pruebas necesarias, sobre la base de una situación completamente real (Pruebas de campo).

Las estufas se escogieron por el método de valoración por puntos asignados a seis diferentes características, según se indica en el Cuadro 3 de esta Sección. Las estufas elegidas son: Estufa Lorena, Estufa Chula, Estufa de Blocks, Estufa de Adobes y Estufa Singer.

CONCLUSIONES

A) Relativas a la investigación sobre los sistemas de cocinar existentes.

El sistema más usado en la región es el sistema de fuego abierto que es el menos eficiente desde el punto de vista del consumo de leña. El sistema de fuego aislado, que resulta ser el de mayor eficiencia, es poco usado, y en la mayoría de los casos que se vieron, fue adoptado como consecuencia de campañas dirigidas por instituciones que trabajan en el campo de la Tecnología Apropriada.

La investigación reveló que del sistema de fuego aislado existe una gran cantidad de variantes. De éstas, hay algunas que tienen un bajo costo y que pueden ser construidas con materiales, herramientas y técnicas comunes: la estufa Lorena, la estufa Ceta I, la estufa Chula o Choola, la estufa Singer. Las dos primeras han sido creadas y probadas por ICADA y la Universidad de San Carlos, respectivamente. Las dos últimas son modelos comunes en poblados de la India y de Africa.

El ICAITI ha desarrollado dos modelos propios de fuego aislado: la estufa de adobe, y la estufa de "blocks".

B) Relativas a los requisitos para elegir estufas.

Las dos principales características que debe tener un tipo de estufa con el que se pretenda reducir el consumo de leña son: versatilidad (para lograr que se adapte a las diferentes costumbres de las cocineras) y accesibilidad (para que esté al alcance de los recursos reales de las familias en el campo).

Para lograr esas características la selección debe hacerse buscando que las estufas puedan construirse con materiales, herramientas y técnicas comunes en la región centroamericana; de esta forma, se tendrán cumplidos los requisitos necesarios para lograr la accesibilidad.

C) Relativas a las pruebas.

Dos son los tipos de pruebas indispensables para poder valorar las características que interesan en las estufas eficientes: pruebas que midan la "eficiencia", es decir, la capacidad de ahorro de leña; y pruebas que revelen el grado en que puedan adaptarse a las costumbres locales de cocinar.

No es posible realizar las pruebas de eficiencia cocinando alimentos, debido a que cada uno de ellos tiene características propias y se prepara en diversas cantidades, y debido a que distintas personas prefieren diferentes grados de cocimiento. Por eso, es recomendable realizar las pruebas en forma simulada, con un solo tipo de sustancia que tenga propiedades bien definidas; el agua es una sustancia que tiene esas propiedades, por lo que resulta apropiada para hacer las pruebas.

Las pruebas de eficiencia deben elegirse en concordancia con la naturalidad de las estufas probadas. Por eso, una prueba realizada mediante el procedimiento de identificar y valorar cada una de las partidas de calor que se manifiestan en una estufa, aunque puede dar información precisa y útil, no es la indicada porque requiere operaciones, cálculos e instrumental muy complejos, además de exigir mucho tiempo y recursos.

Como alternativa, se puede elegir una prueba que es usada con mucha frecuencia por los analistas de sistemas de combustión, y en la que se manejan sólo dos de las partidas de calor, que son: la partida del calor total producido por la leña y la del calor que es absorbido por los recipientes. Los ensayos realizados en el ICAITI demostraron que esta alternativa no es confiable debido básicamente a que no es posible hacer un análisis termodinámico satisfactorio, porque el método no toma en cuenta los niveles de potencia, sino sólo los estados inicial y final del proceso, además de que los resultados que se obtienen no son absolutos, sino que tienen carácter relativo.

Una metodología que no tiene los inconvenientes de las anteriormente descritas, consiste en: a) definir un trabajo simulado de cocina, en términos del comportamiento de la temperatura y del tiempo necesarios pa-

ra llevar el agua a ciertos estados elegidos de antemano; b) realizar este trabajo en la unidad que se somete a prueba, con cantidades sucesivamente decrecientes de leña, hasta alcanzar la cantidad mínima con que se puede hacer el trabajo elegido; c) tomar como referencia el modelo más ineficiente, en nuestro caso, el fogón abierto, y expresar la capacidad de ahorro de cada una de las otras unidades probadas, con referencia a él.

En este último caso, es conveniente que los niveles de potencia y la secuencia de operaciones del trabajo simulado de cocina tengan semejanza con los de las operaciones de cocina reales.

Las pruebas definitivas de eficiencia hechas en el ICAITI se realizaron mediante la metodología descrita en los dos párrafos anteriores, y los resultados obtenidos se expresaron como "eficiencia comparada", una medida indirecta y relativa de la capacidad de ahorro real de leña, para cada estufa. Cinco modelos resultaron con una "eficiencia comparada" entre 35 y 20 por ciento, y en su orden son: Estufa Choola, Estufa de Adobes, Estufa de Blocks, Estufa Ghana y Estufa Lorena.

Las eficiencias de estufas verdaderas diferirán de las obtenidas en las pruebas, a causa de tres factores: primero, las estufas verdaderas son usadas continuamente, y esto disminuye el consumo de leña; segundo, la configuración y el tamaño de los elementos de las estufas reales varían respecto de las unidades experimentales, a causa de la manera de construirlas, y esta circunstancia puede causar una disminución o un aumento del ahorro de leña; tercero, el grado de ahorro depende de las formas de operar las estufas, que son diferentes para cada persona, pero mediante un entrenamiento adecuado es posible que las usuarias alcancen ahorros análogos a los que se obtuvieron en las pruebas.

D) Relativas a las pruebas prácticas.

Según las opiniones de las cocineras que realizaron estas pruebas, las estufas que ellas usaron son satisfactorias desde el punto de vista de la operación, y producen ahorros en el consumo de leña.

Distintas personas operando una misma estufa obtienen diferentes grados de ahorro de la leña, lo que pone en evidencia lo importante de llevar a cabo un entrenamiento adecuado paralelamente a la introducción de la nueva tecnología de estufas eficientes.

I N F O R M E

OBJETIVO DEL PRESENTE INFORME

Este informe tiene por objeto presentar las actividades realizadas y los resultados obtenidos por el grupo de Combustión Doméstica en la etapa de Investigación Inicial.

Las actividades principales comprendidas en esta primera etapa pueden resumirse de la manera siguiente:

- 1) Investigación de los sistemas para cocinar existentes en diversas partes del mundo, incluyendo la región centroamericana. (Sección 1)*
- 2) Selección de los modelos con características más prometedoras para el uso eficiente de la leña. (Sección 2)
- 3) Construcción de dieciséis (16) modelos diferentes, correspondientes a distintas técnicas de cocinar. (Sección 2)
- 4) Diseño de una prueba uniforme para medir la eficiencia de los sistemas de cocinar. (Sección 3)
- 5) Realización de pruebas de eficiencia comparada entre los modelos construidos. (Sección 4)
- 6) Realización de pruebas prácticas: Operaciones reales de cocina. (Sección 5)
- 7) Selección de los cinco (5) modelos que resultaran con mayor probabilidad de adaptación a las necesidades de la región de Centroamérica y Panamá, modelos destinados a las Pruebas de campo de la Segunda Etapa. (Sección 6)

* Las secciones citadas corresponden al contenido de este informe.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

1. LOS SISTEMAS DE COCINAR EXISTENTES

Las actividades del grupo de Combustión Doméstica dieron inicio con la búsqueda de información sobre las experiencias de algunas instituciones en el estudio y difusión de sistemas eficientes para cocinar con leña. Se hicieron consultas y se pidió documentación a numerosas instituciones de todo el mundo, incluida Centroamérica; las principales instituciones consultadas fueron:

- Investigadores Científicos Asociados del Altiplano, ICADA, de Guatemala
- Centro Mesoamericano de Estudios de Tecnología Apropriada, CEMAT, de Guatemala
- Appropriate Technology Development Association, ATDA, de India
- German Appropriate Technology Exchange, GATE, de Alemania
- Appropriate Technology Project of Volunteers in Asia, ATPVA, de Asia
- Universidad Eindhoven, en Holanda
- Volunteers in Technical Assistance, VITA

Los miembros del grupo efectuaron visitas a los países centroamericanos, especialmente a zonas rurales, para recoger información sobre los diversos sistemas de cocinar empleados comúnmente en cada zona. En ciertas regiones de Guatemala donde estaban funcionando algunas estufas tipo Lorena, se hicieron observaciones detenidas de sus características y de su forma de operación. Los miembros del grupo participaron en cursos y seminarios para familiarizarse con la técnica de construcción de las estufas Lorena en Guatemala.

La información obtenida hasta este punto, permitió conocer distintos sistemas de cocinar de diversos países, que utilizan leña o cualquier otro tipo de biomasa como combustible.

Los sistemas de cocinar por sus características pueden clasificarse en tres tipos distintos, el de fuego abierto, el de fuego parcialmente abierto y el de fuego aislado.

El fuego abierto es la forma más tradicional de cocinar en Centroamérica y es el más comúnmente usado, aunque existen diversas variantes; en general es un sistema que permite cocinar, pero en forma ineficiente porque se desperdician grandes cantidades de calor. El sistema de fuego parcialmente abierto parece surgido de una modificación del anterior en un intento de atrapar una mayor cantidad de calor al cocinar; a este tipo corresponden la mayor parte de los llamados "fogones". El sistema de fuego aislado, por sus características, representa al que se hará referencia en lo sucesivo con la denominación de "estufa".

En las páginas siguientes se presenta un resumen de algunos sistemas conocidos durante la investigación.

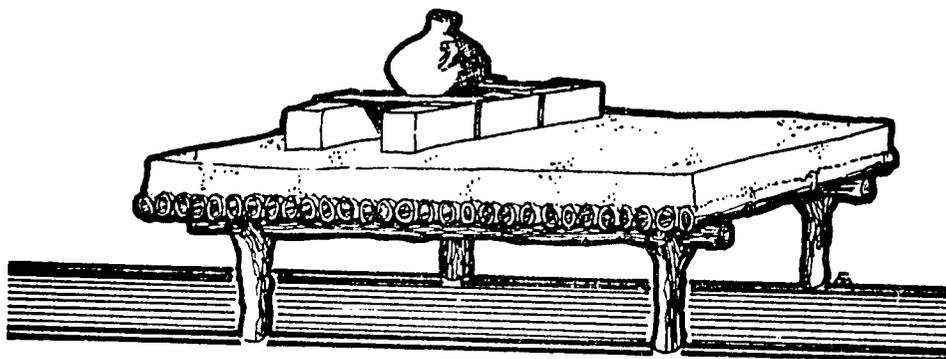
141 SISTEMA DE FUEGO ABIERTO

Este es el sistema para cocinar de uso más común en la región de Centroamérica y Panamá. Aunque existen distintas variantes, básicamente consiste en utilizar una estructura que sirve para elevar un recipiente unos veinte centímetros sobre el suelo o la superficie de trabajo, y acomodar en el espacio libre la leña que genera el calor necesario para cocinar.

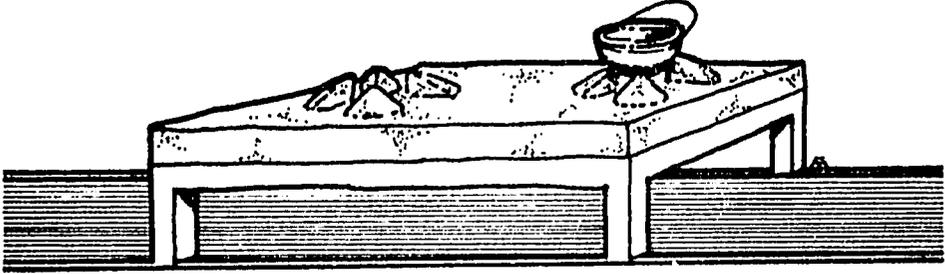
En la forma más elemental, los utensilios de cocina son soportados por piedras, llamadas "tenamastes"



Una variante es el uso de ladrillos (o bloques de cemento) y pedazos de hierro, en lugar de piedras.



Otra variante que resulta interesante consiste en el empleo de las llamadas "aletas", pequeños montículos de barro, en vez de las piedras.



Otra modalidad de este sistema es el Trebe, que es un trípode hecho de varilla de hierro corrugado; se emplean distintos tamaños de acuerdo a las necesidades. Otra forma de esta modalidad, recibe el nombre de "Estrella", y consiste en una estructura similar hecha de cincha de hierro remachada; las patas se prolongan en la parte superior y se doblan hacia adentro del aro, para ofrecer apoyo a recipientes de diferentes tamaños.



Existe una variante interesante del fuego abierto, en que los propios troncos usados como combustible sirven de base para soportar el recipiente en que se cocina. Se usan generalmente tres troncos del mismo diámetro dispuestos radialmente; se encienden los extremos en contacto y el recipiente se apoya directamente sobre estos extremos. A medida que los troncos se consumen, son empujados hacia el recipiente.

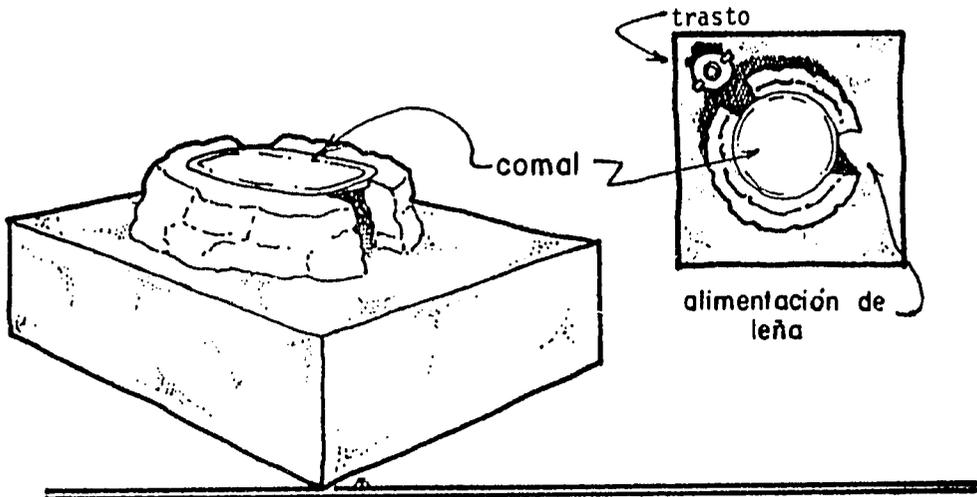


1.2 SISTEMA DE FUEGO PARCIALMENTE ABIERTO

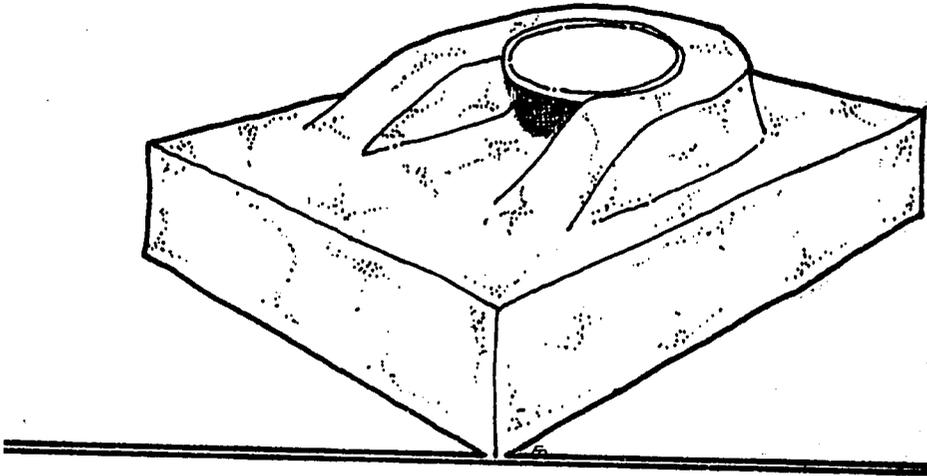
Este sistema es menos usado que el anterior. Se caracteriza porque se usa algún medio para encerrar el fuego por sus costados, pero se conservan aberturas para introducir la leña y, a veces, otras aberturas para permitir la salida del humo. En general, este sistema se emplea para usos muy particulares, y no suele permitir cambios para adaptarlo a nuevas condiciones o a recipientes de diferentes formas o tamaños.

Existen muchas variantes de este sistema, de las que veremos sólo algunas.

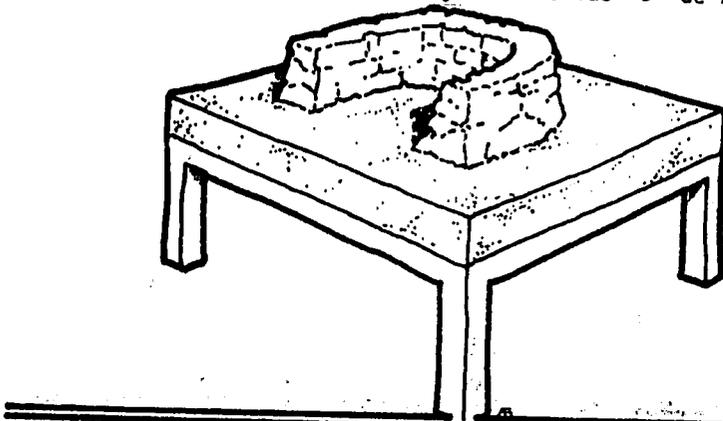
Uno de los modelos más comúnmente usado, es el fogón de tortillería, que consiste en una estructura de forma circular y de diámetro igual al del comal en el que se harán las tortillas. Se construye con piedras unidas y revestidas con barro. Al frente tiene la abertura por la que se introduce la leña, y en la parte posterior, una salida más pequeña para el humo; en ésta última, para aprovechar el calor que escapa, se suele colocar un trasto pequeño.



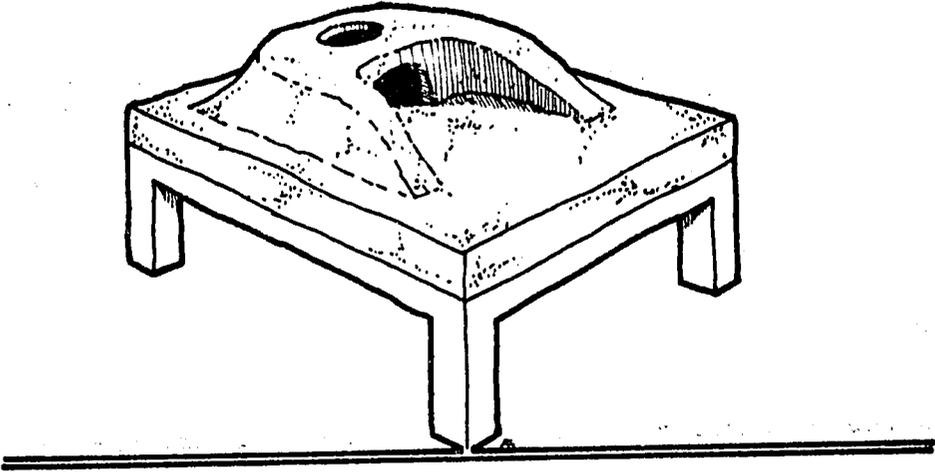
Existe otro modelo que es similar al anterior pero carece de salida para los gases de combustión; además, en la parte de enfrente, por donde se introduce la leña, tiene los costados prolongados a fin de lograr que ésta se mantenga en el lugar deseado. Al igual que en el anterior, el comal está adherido a la base, por lo que no es posible emplear el fogón más que para cocinar tortillas.



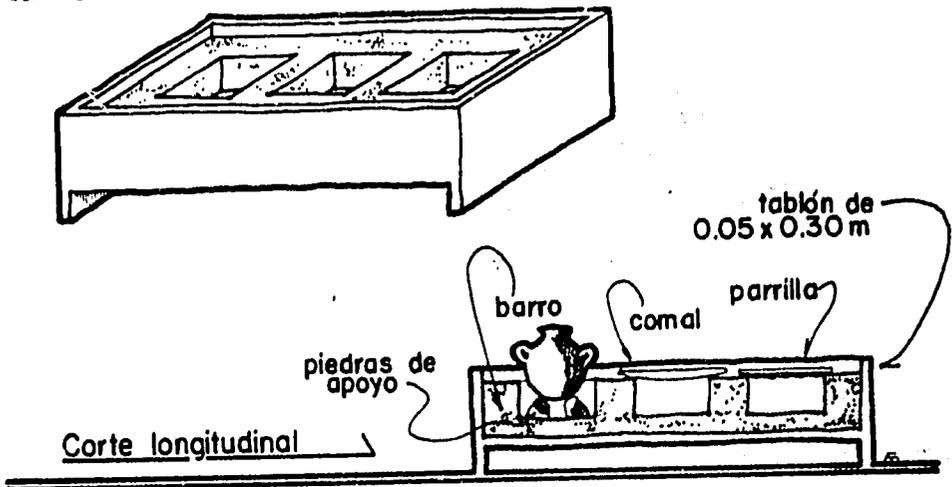
Un modelo verdaderamente sencillo es el fogón en "U". Se construye con piedras, ladrillos o cualquier material similar, unido y revestido con barro y dispuesto en forma de herradura o "U". Es empleado en varias partes de la región y se sabe de un lugar en Guanacaste, Costa Rica, donde una alfarería vende ya hechas las "U" de barro cocido.



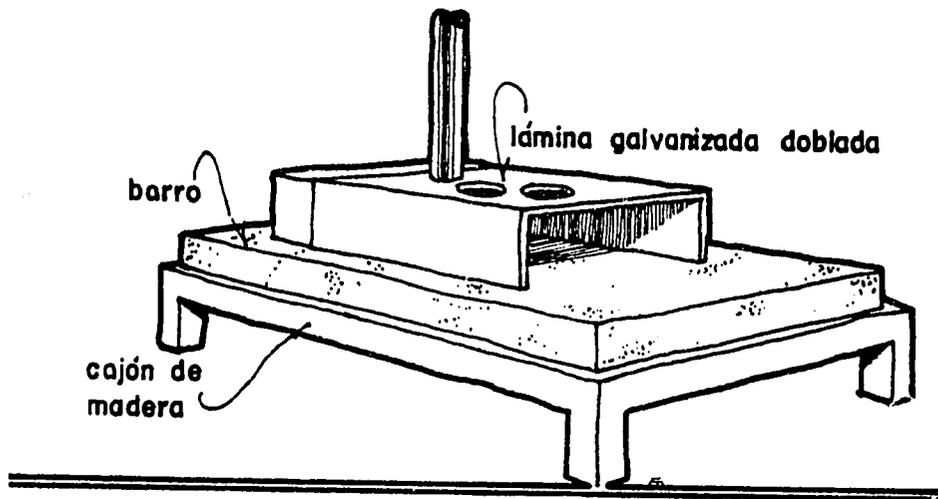
Similar al anterior por el método usado para construirlo, pero con una característica propia importante, es el modelo de fogón empleado en Siguatepeque, Honduras. Este es prácticamente un fogón en "U", en cuya parte posterior tiene una ampliación que da cabida a una o dos hornillas de tamaño fijo; a veces se construye con salida para humo y gases de combustión.



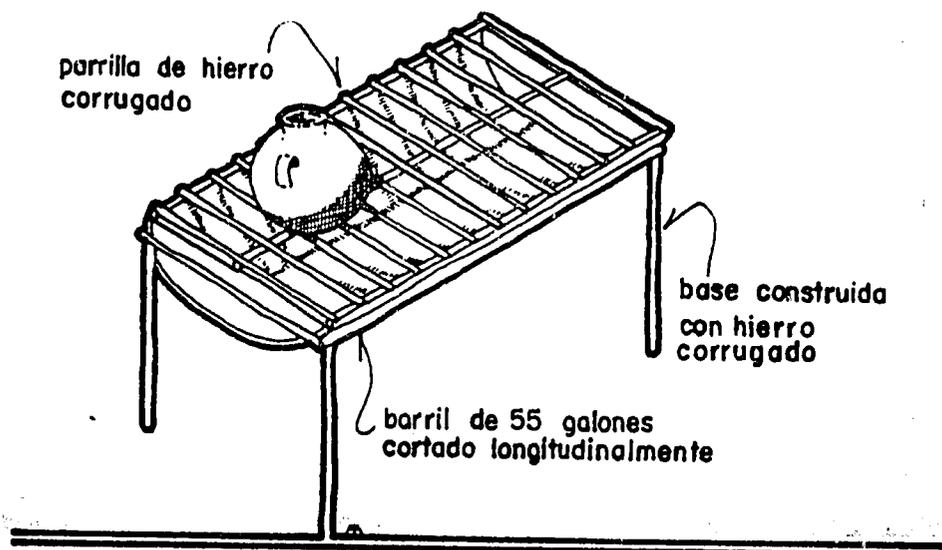
Otro modelo interesante consiste en un cajón de madera relleno de barro, con excavaciones rectangulares para poder encender fogatas abiertas dentro de las mismas. Emplea indistintamente carbón o leña como combustible.



Interesante por la naturaleza de los materiales con que está construido, es el fogón de lámina. Este se construye a partir de un pedazo rectangular de lámina galvanizada (de preferencia de calibre grueso), que es doblada hasta formar una especie de puente; se hacen perforaciones en la cara superior para crear las hornillas; y en ocasiones, se cierra por uno de sus extremos, y se instala una chimenea.



Un sistema práctico, es el llamado fogón de barril, el cual es construido con la mitad longitudinal de un barril metálico, a la que se le adapta una base de hierro corrugado y una parrilla del mismo material.



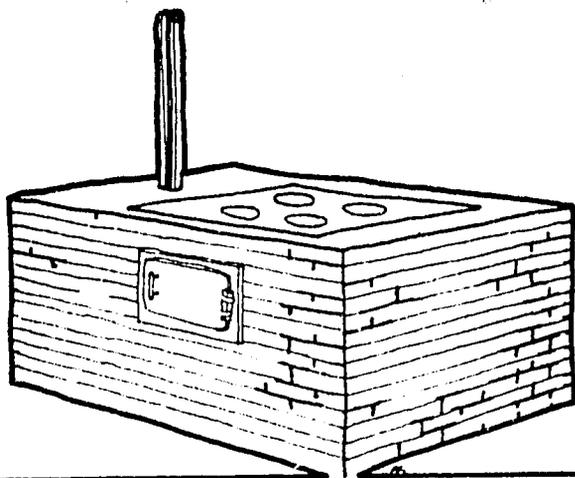
1.3 SISTEMA DE FUEGO AISLADO

En este sistema, que es el menos empleado, el fuego se enciende en el interior de una estructura que lo rodea, y la abertura para introducir la leña tiene generalmente una puerta que aísla el fuego del exterior. En el interior de la estufa hay conductos con una configuración que hace fluir el calor y lo concentra en las hornillas. Por regla general, en estas estufas se instala un sistema de conducción, regulación y salida de los gases de combustión.

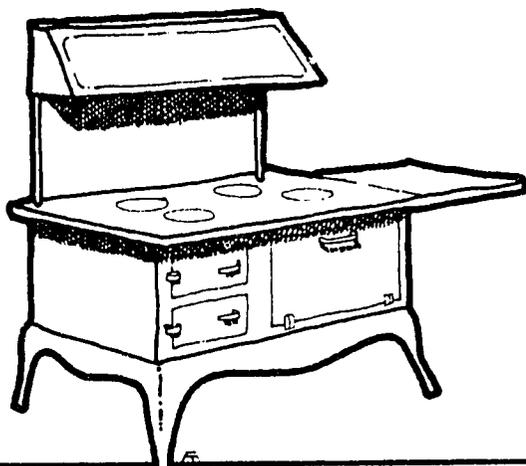
Uno de los modelos más comunes es la "estufa de plancha", que, pese a sus diversas formas, consiste básicamente en una plancha de metal (generalmente hierro fundido), instalada sobre una estructura de ladrillos unidos con mezcla de cal o cemento y en cuyo interior queda formada la cámara de fuego, así como el conducto que conduce el calor a las hornillas hasta expulsarlo finalmente por la chimenea. Este es un sistema de estufa más o menos completo y complejo, que tiene cenicero, puerta de fuego y, en muchos casos, hasta horno y serpentín para calentar agua.

Las hornillas son agujeros de diferentes tamaños practicados en la plancha; se fabrican planchas en las que el agujero de las hornillas puede ajustarse a diferentes tamaños de trastos, porque tienen anillos concéntricos desmontables que pueden retirarse o añadirse para lograr la abertura deseada.

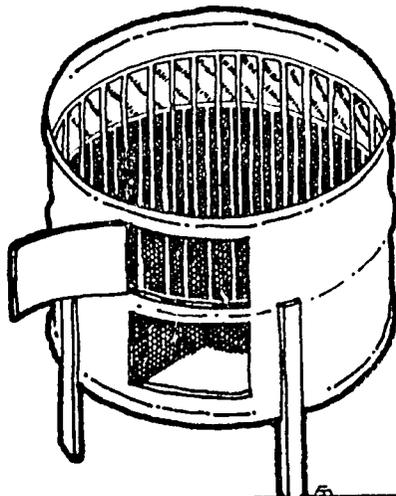
En Guatemala son fabricadas por Talleres Rossi y se conocen como Poyo Campesino Rossi.



De todos los modelos, el más completo y complejo es la estufa de hierro. Existen dos versiones: la corriente, de hierro fundido, generalmente pequeña y sin horno; y un modelo especial, de superficie porcelanizada, que tiene horno y serpentín para calentar agua. Ambas versiones tienen una cámara de combustión pequeña, y una puerta en el acceso a la cámara; en algunos casos, internamente tienen material refractario para que el calor sólo se aproveche en las hornillas. Este modelo tiene en el mercado un costo relativamente alto.



Dentro de este sistema, otro modelo es la "estufa de tambor", construida con la mitad de un barril de metal, cortado transversalmente. Se le instala en el interior una parrilla de hierro corrugado, se le hace una puerta para el ingreso de la leña y otra que permite la entrada del aire y la salida de ceniza, y se le ponen patas para elevarlo a la altura conveniente. Por su poco peso puede ser trasladado de un lugar a otro. Se emplea utilizando carbón o leña como combustible.



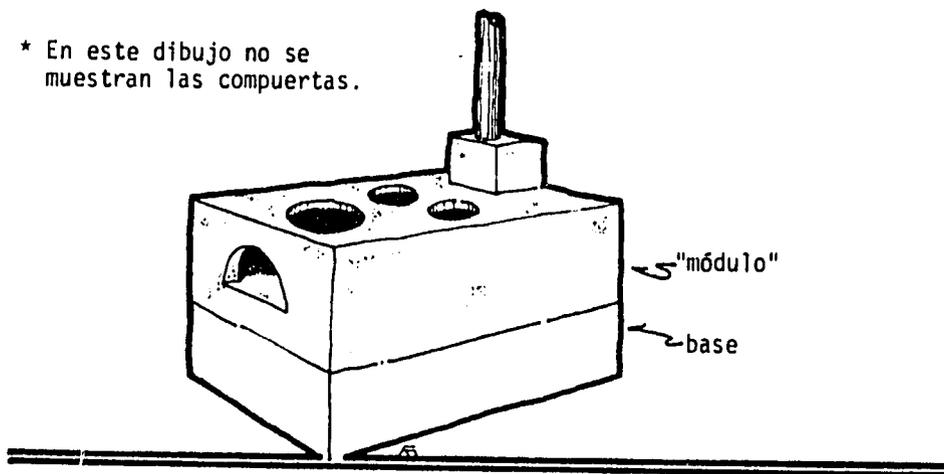
Caso especial dentro de este sistema, lo constituye la estufa Lorena, originalmente desarrollada por ICADA en la estación experimental CHOQUI de Quetzaltenango, Guatemala. Este modelo de estufa se construye con técnicas sencillas y utilizando barro y arena, materiales usualmente disponibles en las zonas rurales.

Consiste en una "base" asentada sobre el suelo, la cual puede construirse de diferentes materiales (adobe, piedra, ladrillo, bloques de cemento, etc.). En algunas regiones no se usa esta base.

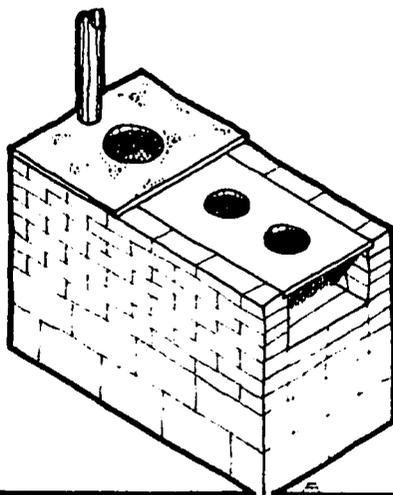
Sobre la base (o sobre el suelo) se construye la estufa propiamente dicha ("módulo"), construida con mezcla de barro y arena. En este módulo se tallan las hornillas, los túneles y la cámara de combustión; se instala una chimenea y se colocan compuertas de control del aire y de los gases de combustión.

En el campo se halló que las estufas genéricamente llamadas Lorena tienen diferencias entre sí; para este estudio se eligió como "Lorena" la estufa que se ilustra a continuación.

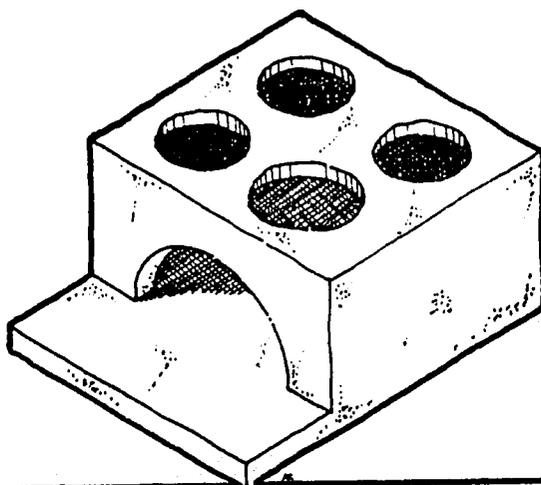
* En este dibujo no se muestran las compuertas.



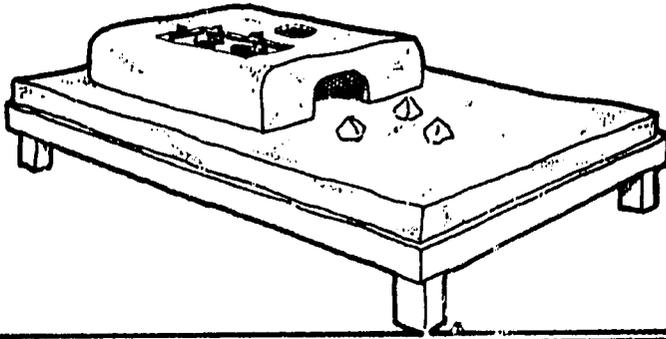
El Centro Experimental de Tecnología Apropriadada, CETA, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desarrolló un modelo de estufa de nominado CETA I que, según los estudios realizados por dicho Centro, resulta eficiente. Consiste básicamente en una estufa de plancha: en la parte delantera tiene una plancha de hierro con agujeros para las hornillas, y en la parte posterior, una losa de concreto liviano (cemento-pómez) con un agujero para otra hornilla; ambas descansan sobre una estructura de ladrillos.



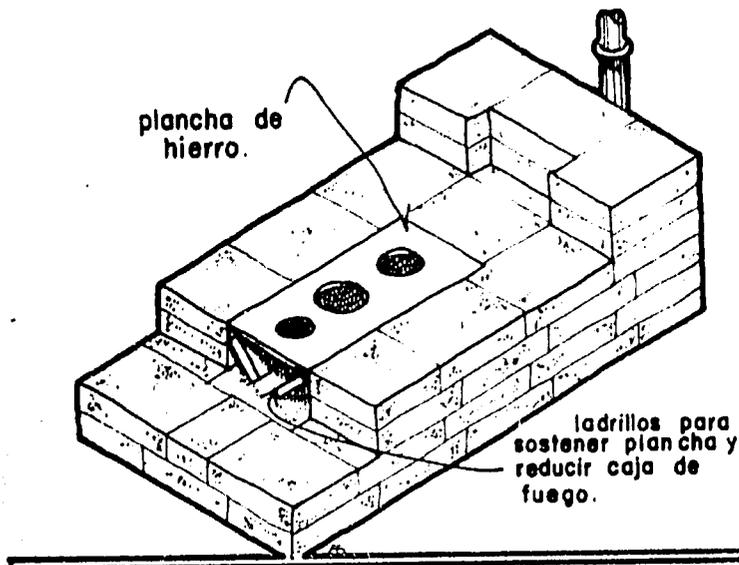
Otro modelo interesante es una estufa usada en la zona sur de Honduras (Pespire), y consiste en un bloque de barro, vaciado, con una plancha en la parte superior en la que están talladas las hornillas. Algunas de ellas tienen chimenea.



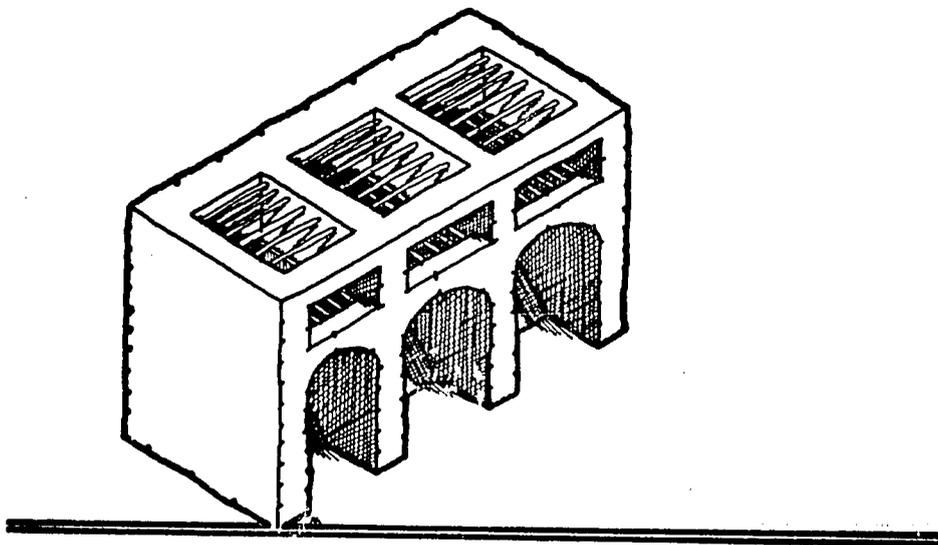
En el Darién, región fronteriza de Panamá con Colombia, se encontró un modelo que consiste en un bloque vaciado, casi rectangular, en cuya plancha superior hay tres hornillas; sobre éstas se coloca una parrilla de hierro corrugado que eleva los recipientes con el fin de facilitar la salida de los gases de combustión porque este modelo no tiene chimenea. Para aprovechar más el calor, se combina con el sistema de las tres piedras, las que se colocan directamente en la abertura de la entrada de la leña.



En Paraguay se ha difundido el uso de una estufa construida con adobes y plancha de hierro, similar a las usadas en algunos países centroamericanos. En este modelo se han utilizado para chimeneas, tubos de cemento o barro cocido que usualmente se emplean para drenajes.

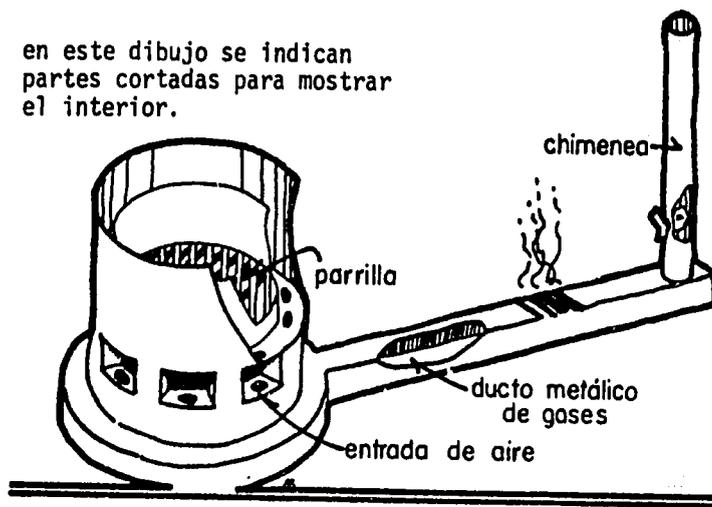


En algunos estados de la República Mexicana es común el uso de "braseros", que son estufas de ladrillo en las que se construyen dos o más hornillas con parrilla y cenicero. Estos emplean indistintamente leña o carbón como combustible.

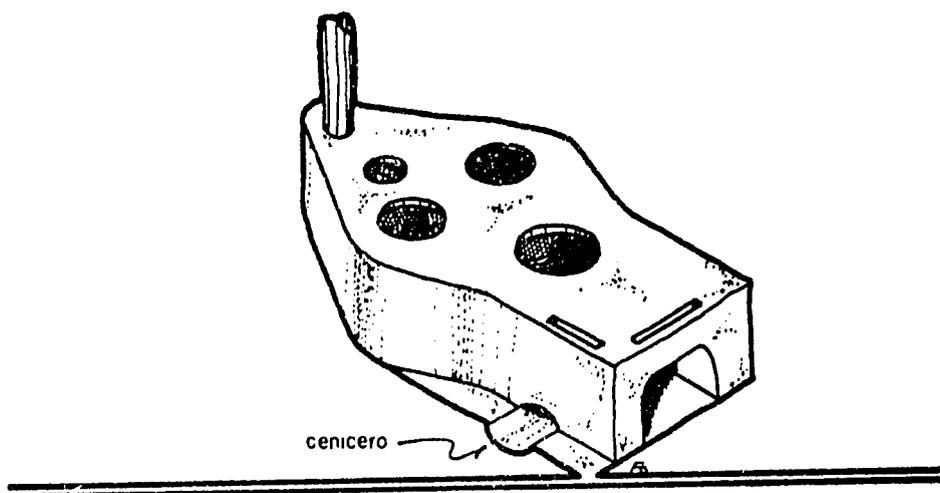


En la Facultad de Ingeniería Industrial de Eindhoven, Holanda, se construyó una estufa con dos tambores metálicos, cuyo diseño está inspirado en modelos desarrollados en ese país durante la Segunda Guerra Mundial. Puede utilizar leña o carbón vegetal como combustible y sirve tanto para cocinar como para calentar el ambiente.

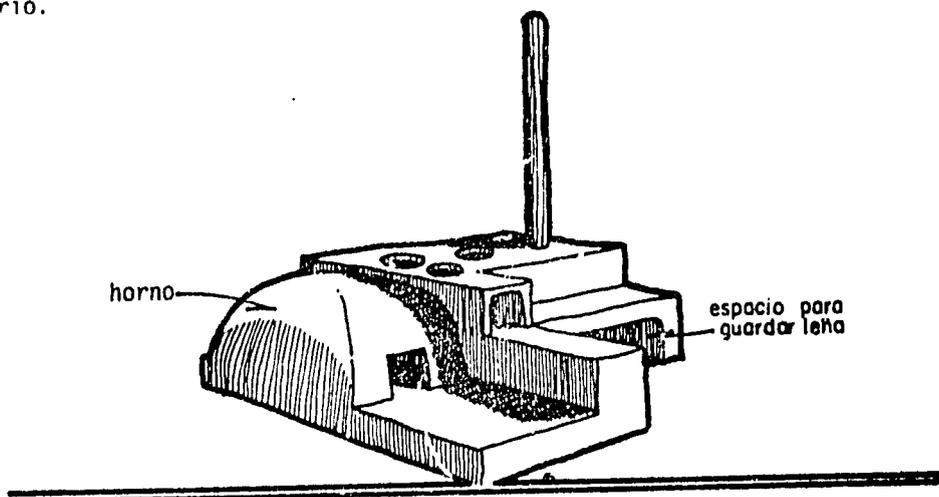
en este dibujo se indican partes cortadas para mostrar el interior.



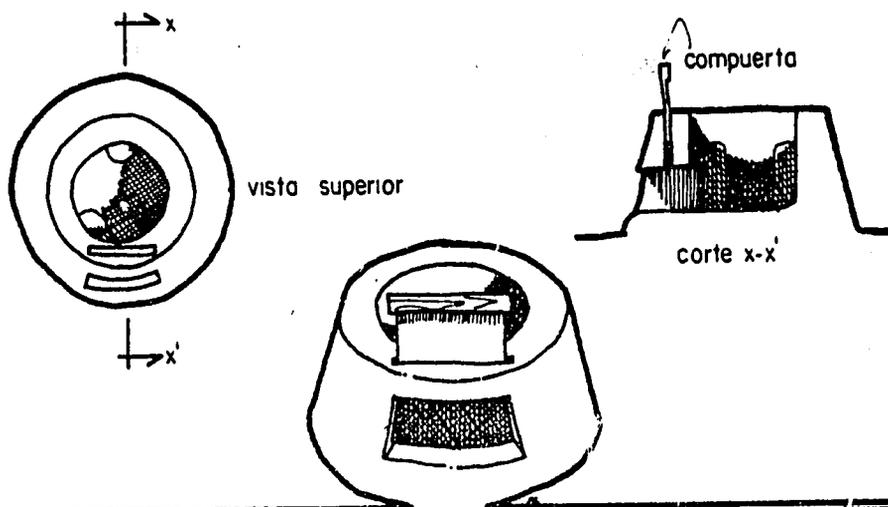
En la India es empleada la estufa Choola o Chula, modelo pequeño fácilmente adaptable para construcción sobre el suelo. Se construye a partir de un bloque de mezcla barro-arena que es tallado para darle la forma requerida; tiene un cenicero. Los diversos documentos recibidos que describen este modelo muestran diferencias de detalle en las distintas unidades, por lo que, para este estudio se eligió la unidad que se consideró con mejores características.



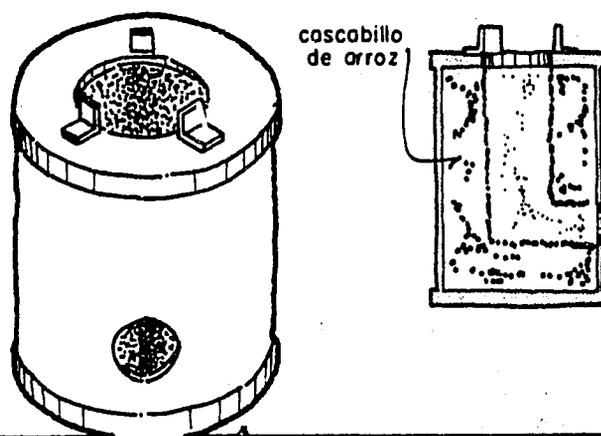
En Africa es usada la estufa Ghana, que puede construirse con barro, ladrillos, blocks, o cualquier otro material similar. Su configuración permite la construcción de un horno adjunto, si éste es necesario.



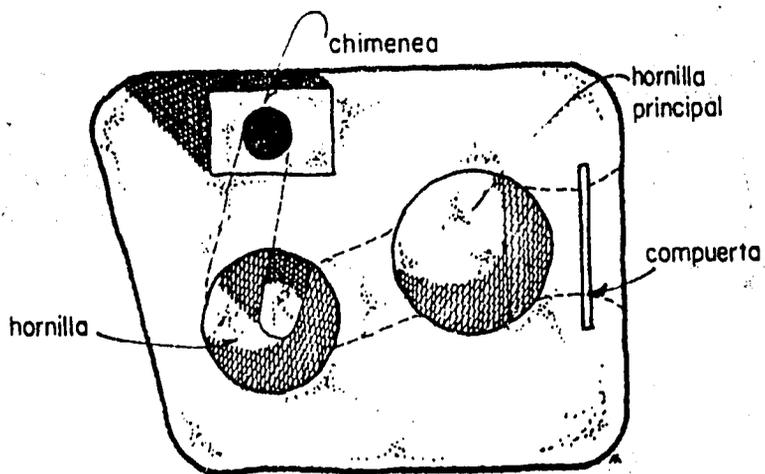
La estufa Louga, probada por el Instituto APROVECHO, en poblados del Senegal, Africa, es un modelo hecho de barro y arena, diseñado para quemar leña principalmente. Es para sólo un recipiente, el cual no se ajusta a la hornilla, para que puedan escapar los gases de combustión, ya que no tiene chimenea.



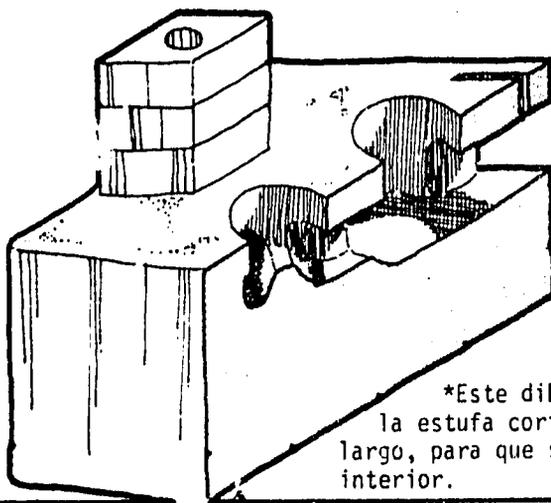
En Bali, Indonesia, es empleada con buenos resultados una pequeña estufa doméstica hecha con una lata metálica (de 10 galones de capacidad), y dispuesta especialmente para quemar cascabillo de arroz. Por su diseño, sólo puede cocinarse en un trasto a la vez y su funcionamiento es continuo hasta que se ha quemado una carga completa.



En el poblado del Timbuque, El Senegal, Africa, existe la estufa llamada "Senegal", construida de mezcla barro-arena y con chimenea de bloques de esta misma mezcla.

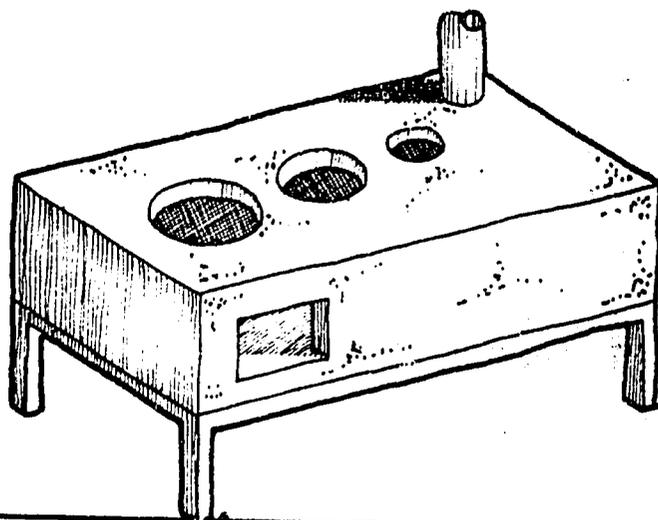


VISTA SUPERIOR

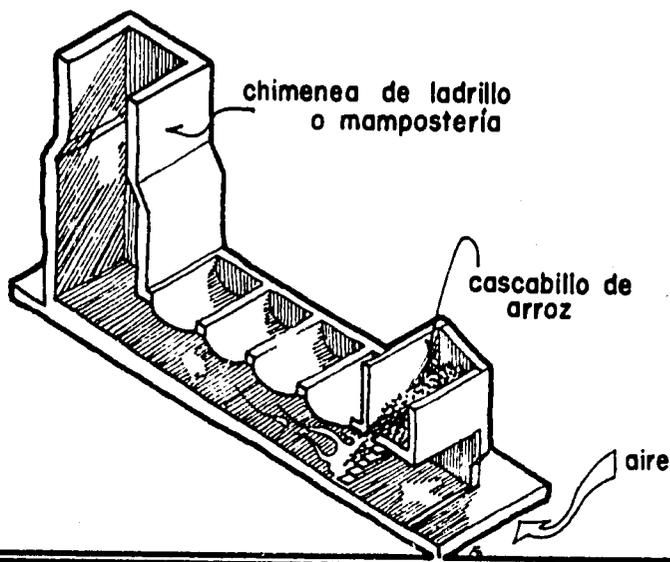


*Este dibujo muestra la estufa cortada a lo largo, para que se vea el interior.

En Alto Volta, Africa, es usada la estufa Singer, hecha de una mezcla de barro-arena. Se construye por etapas: primero, el piso; luego las paredes y por último la plancha superior, en que son talladas las hornillas. La técnica de su construcción facilita la etapa de tallado. Su presentación es agradable.

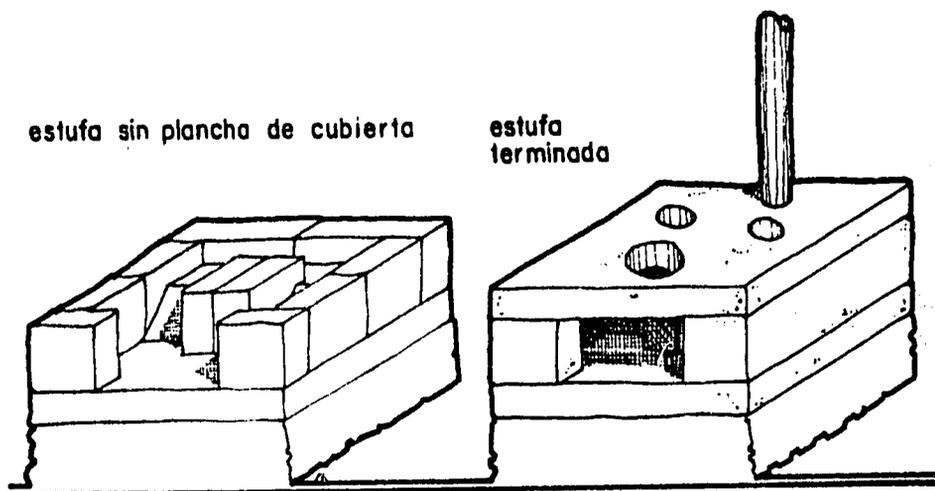


En la parte central y oriental de Java (Yo-giakarta y Blitar) es común el uso de estufas que emplean cascabillo de arroz como combustible. Se construyen de distintos tamaños según el uso a que se destinen. Las utilizadas para cocinar la leche de soya o lo que llaman en esa región, azúcar de coco, pueden ser de 4 a 5 metros de longitud y tienen chimeneas que alcanzan hasta 7 metros de alto.

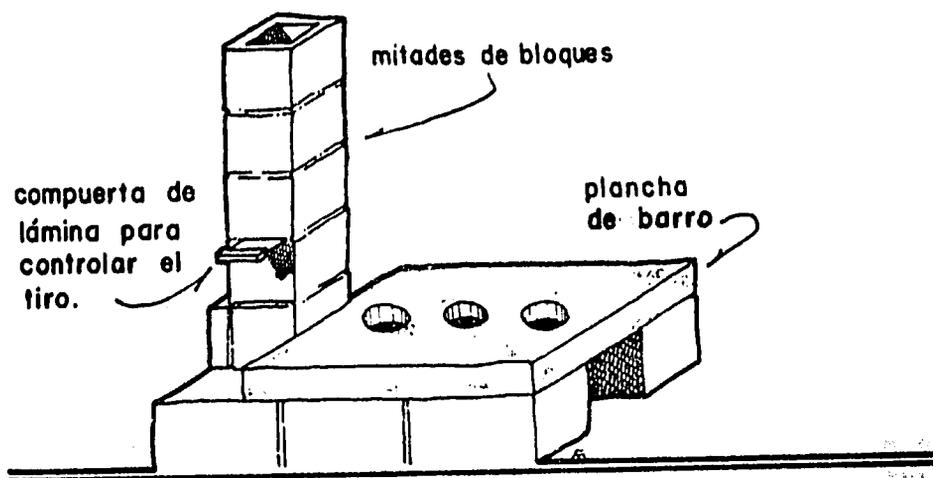


Tomando en cuenta qué materiales hay disponibles en la región centroamericana, el equipo de combustión del ICAITI, diseñó dos modelos de estufas cuya construcción es bastante sencilla, y que requieren menor tiempo y esfuerzo que otros modelos.

Un modelo es la "estufa de adobe". Sobre una base hecha con mezcla de barro-arena se construye el cuerpo de la estufa usando adobes. Sobre este cuerpo se coloca una plancha en la que se tallan las hornillas. Sobre este cuerpo se coloca una plancha en la que se tallan las hornillas.



El otro modelo, "la estufa de blocks", es un modelo cuya estructura es bastante más simple que la anterior. Se construye de bloques de cemento y arena pómez. Es una opción atractiva para las zonas semi-urbanas donde es más fácil la adquisición de este tipo de material.



2. LOS SISTEMAS DE COCINAR QUE SE ESTUDIARON

Las dos principales características que debe tener una tecnología con que se pretenda reducir el consumo de leña mediante el uso de sistemas de cocinar más eficientes son: su versatilidad, para que sea posible que las usuarias realicen sus operaciones de cocinar usuales; y su accesibilidad, para que la mayor parte de familias pueda adoptarla con sus recursos actuales.

Esto significa que la tecnología que se aplique, debe ser aceptable para la mayoría de las familias de la región. Si se considera el nivel educativo y la capacidad económica de la población consumidora de leña a la que se destina, esto significa sencillez y bajo costo.

2.1 REQUISITOS PARA LA SELECCION

En vista de que existen en uso varios sistemas de cocinar y muchos modelos de fogones y estufas, el primer paso importante que se dió para iniciar la investigación, fue seleccionar aquéllos que tuvieran las características descritas atrás. Para hacer esa selección, se atendió a los requisitos mínimos siguientes:

- a) Que el modelo pudiera ser construido con materiales de fácil obtención en las comunidades;
- b) Que su construcción no requiriera habilidades o conocimientos especiales;
- c) Que su construcción pudiera efectuarse utilizando herramientas comunes;
- d) Que su costo final fuera bajo; y
- e) Que satisficiera las necesidades, y se adaptara a los métodos y costumbres de las personas que las usarían en el campo.

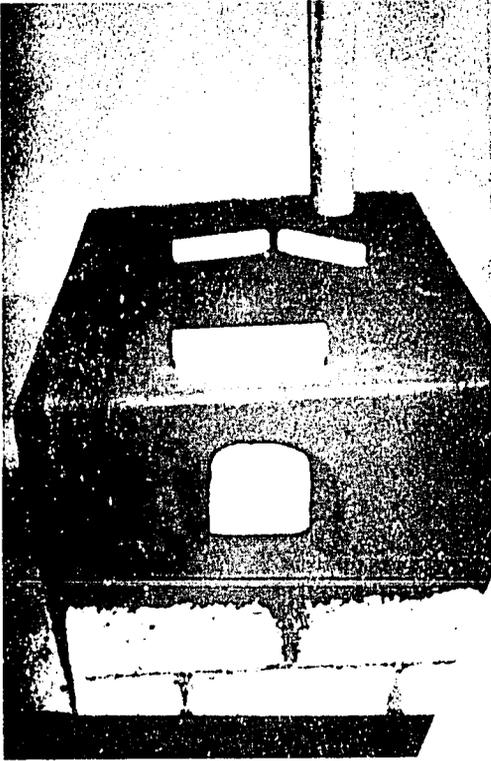
Para la Investigación Inicial se escogieron los modelos que se enumeran adelante, y aunque algunos de ellos no cumplen rigurosamente los requisitos indicados, se incluyeron también por tener características interesantes que hicieran que valiera la pena profundizar su estudio.

2.2 MODELOS SELECCIONADOS

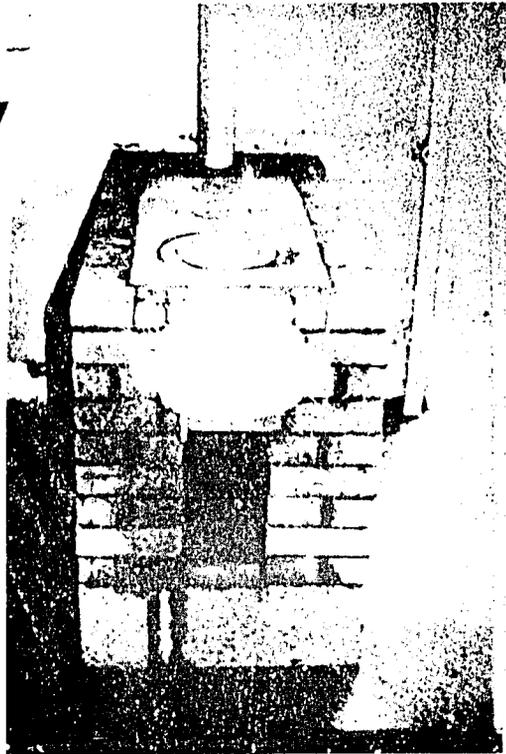
Los sistemas y modelos finalmente seleccionados fueron los siguientes:

- 1 Estufa Lorena
- 2 Estufa Senegal
- 3 Estufa Ghana
- 4 Estufa Singer
- 5 Estufa Chula o Choola
- 6 Estufa de Pespire
- 7 Estufa de Siguatepeque
- 8 Estufa de Plancha, tipo Rossi
- 9 Estufa Metálica de Tambor
- 10 Estufa Ceta I
- 11 Estufa de Adobes
- 12 Estufa de Blocks
- 13 Estufa de Bali, para cascabillo de arroz
- 14 Estufa de Java, para cascabillo de arroz
- 15 Sistema de Fuego Abierto Tradicional
- 16 Fogón en "U"

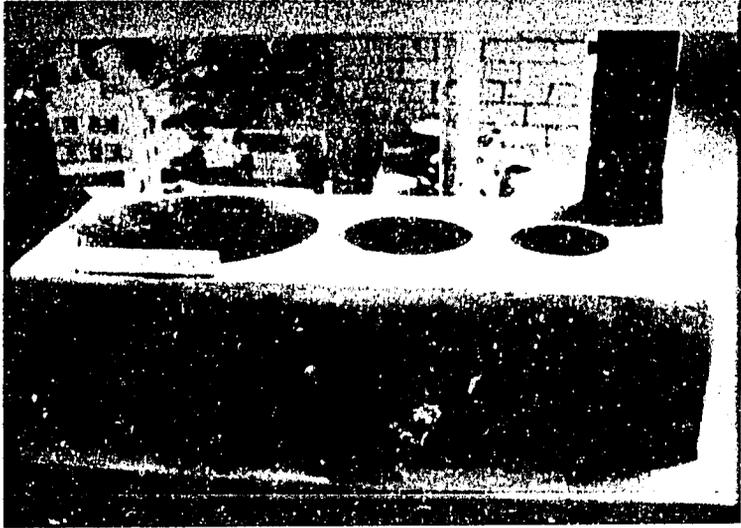
Se construyó una unidad de cada uno de los modelos arriba mencionados en un local de las instalaciones del ICAITI acondicionado especialmente para este fin. La construcción se hizo siguiendo las técnicas y diseños propios de cada modelo; sin embargo, en los casos en que la información disponible era incompleta o contradictoria, el Equipo de Combustión eligió las características y técnicas de construcción que según su criterio resultaron más adecuadas.



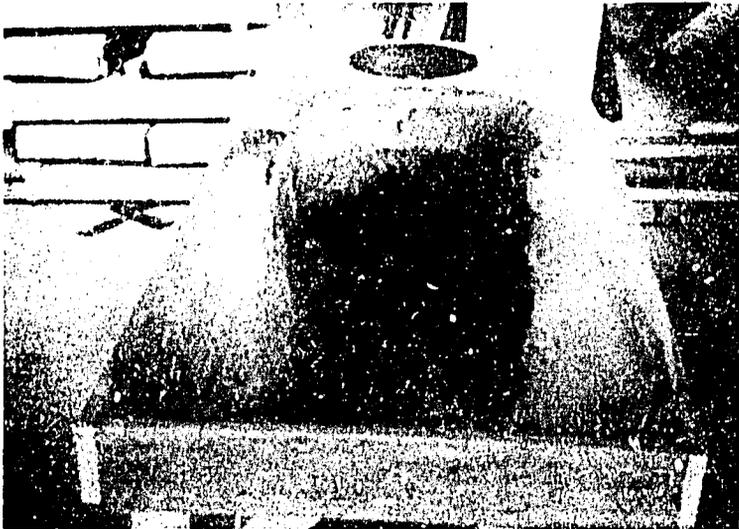
ESTUFA LORENA



ESTUFA DE PLANCHA



ESTUFA SINGER



ESTUFA DE SIGUANTEPEQUE



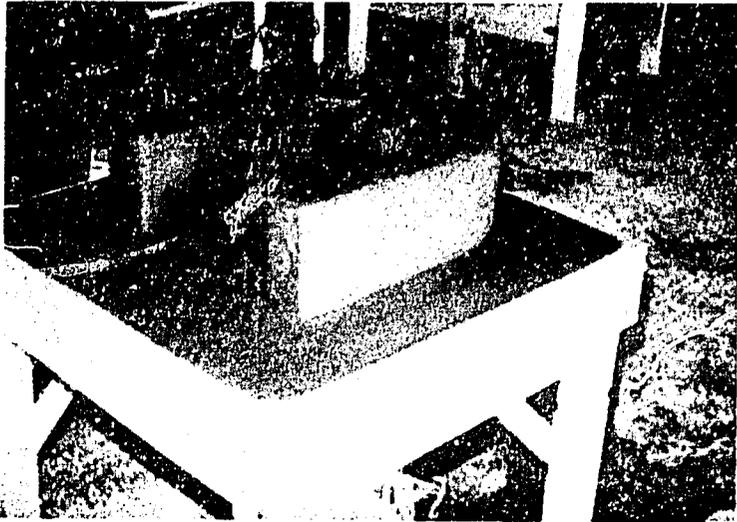
ESTUFA DE BALÍ



ESTUFA DE JAVA



ESTUFA GHANA



FOGÓN EN "U"

3. PRUEBAS REALIZADAS

Los 16 modelos construidos en ICAITI, enumerados en la sección anterior, debían someterse a pruebas que a) mostrasen las ventajas particulares de cada uno, especialmente en lo que a consumo de combustible se refiere; b) generaran suficiente información como para que fuera posible establecer la influencia que cada uno de los elementos de una estufa ejercen sobre su eficiencia.

La información acerca de la eficiencia de los modelos probados, se usaría como uno de los criterios más importantes para seleccionar aquéllos que serían construidos y probados en el campo en una etapa posterior.

Las secciones siguientes del presente informe, describen las actividades desarrolladas por el Equipo de Combustión con la finalidad de estudiar los distintos modelos construidos.

El estudio efectuado consistió básicamente en dos tipos de pruebas: 1) las que proporcionarían información del consumo de leña en cada modelo, y que en adelante se denominarán Pruebas de Simulación (PS), y 2) las que brindarían información acerca de las posibilidades reales de cada modelo para cocinar alimentos verdaderos, y acerca del grado de dificultad que tendría una cocinera para adaptarse al modelo en particular; a estas pruebas se llamarán en adelante Pruebas Prácticas (PP), y se describen en la sección 5.

El carácter de la información esperada en cada tipo de prueba era distinto; en las PS, debía ser esencialmente cuantitativa; sin embargo, en las PP, sería más bien de tipo cualitativo. En cualquier caso, la información debería resultar confiable, producto de la aplicación de métodos y procedimientos de prueba adecuados para el caso.

En la literatura disponible al inicio del estudio, no se halló información acerca de métodos que garantizaran resultados satisfactorios en las pruebas; por eso, fue necesario ensayar con procedimientos tentativos, hasta establecer alguno que diera resultados satisfactorios.

3.1 PRUEBAS DE SIMULACION (PS)

3.1.1 Condiciones para las pruebas

Las PS debían producir información acerca del consumo de leña al realizar un trabajo de cocina simulado. Debía ser simulado, ya que, en la realidad existen muchas variables que influyen en el proceso, y un buen número de ellas son ajenas a la estufa misma, tales como: la naturaleza del alimento cocinado, la forma y material de los recipientes, el nivel de potencia en que se realiza la operación, las características predominantes del medio ambiente, las costumbres particulares de la cocinera, etc. Esta situación hacía necesario que durante las pruebas fuera posible reducir, aislar y controlar las variables ajenas, y de esta forma, conseguir que los resultados obtenidos reflejaran lo más posible el comportamiento propio de la estufa, libre de efectos externos. En resumen las PS se realizaron empleando recipientes que contenían agua en condiciones y volúmenes bajo control, en vez de alimentos verdaderos.

3.1.2 El método ideal para las pruebas de simulación

Tal como se dejó indicado al principio de esta sección, en las PS era necesario obtener datos acerca de la eficiencia con que cada modelo en particular podía realizar un trabajo de cocina; sin embargo, esta información por sí sola era insuficiente, dado que si se consideraba una estufa como una combinación de elementos definidos, una meta ideal era poder establecer en qué medida y en qué forma cada uno de estos elementos influye en el comportamiento global de un modelo en particular; esta información permitiría modificar aquellos elementos que resultasen desfavorables en el funcionamiento del conjunto. En otras palabras, no se buscaba únicamente cuál era la eficiencia de la estufa, sino además cuáles factores contribuían a aumentarla o disminuirla, y en qué medida.

Para obtener tal información resultaba necesario efectuar un balance calorífico, el cual consiste en determinar y cuantificar, tanto las partidas de calor que ingresan a la estufa, como las que salen de la misma según se ilustra en la figura 1.

Para comprender la magnitud del trabajo que requiere la realización del balance calorífico mencionado, es necesario hacer algunas consideraciones.

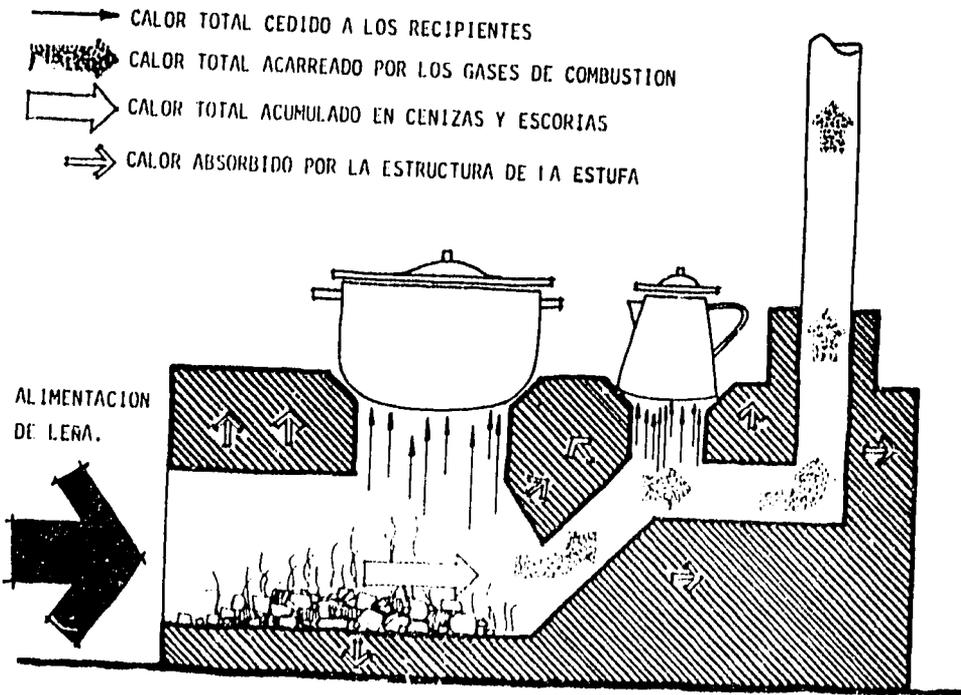
3.1.2.1 Calor que ingresa a la estufa

La partida que corresponde al calor que ingresa a una estufa está compuesta en su totalidad por el calor que produce la leña al quemarse en el interior de la misma. La magnitud de esta partida puede establecerse a partir de la información siguiente:

- 1) El poder calorífico de la madera empleada como leña, el cual puede determinarse con un análisis en una bomba calorimétrica.
- 2) El grado de humedad de la madera en el momento de la prueba; puede determinarse con un dispositivo especial que mide la humedad como una función de la conductividad eléctrica registrada entre dos terminales que se introducen hasta el centro de cada pieza de madera; o bien, por diferencia de pesos al desecar la madera en un horno.
- 3) La cantidad total de madera empleada durante la prueba, determinada con una balanza.

Con esta información, y con base en la suposición de que se ha realizado completamente el proceso de combustión (es decir, que la madera ha liberado el total de su energía), es posible cuantificar satisfactoriamente la partida de calor que ingresa a la estufa.

Puede notarse en la figura 1 que el calor que ingresa a la estufa se distribuye en cuatro partidas específicas, a saber: 1) calor total cedido a los recipientes, 2) calor total acarreado por los gases de combustión; 3) calor total acumulado en cenizas y escorias y 4) calor absorbido por la estructura de la estufa.



3.1.2.2 Calor cedido a los recipientes

La partida correspondiente al calor total cedido a los recipientes, es la más importante en una estufa hecha con la finalidad de cocinar, ya que es la que proporciona la parte de calor útil que es aprovechado en la cocción de alimentos; de manera que, cuanto mayor sea la cantidad de calor que una estufa aporte a esta partida, será más eficiente en cuanto al uso de la leña.

El calor total cedido a los recipientes, puede considerarse repartido en dos porciones: el calor que absorbe el agua en el interior del recipiente, y el calor que se pierde y escapa al ambiente. De manera que la determinación cuantitativa del total de esta partida depende de que se puedan valorar las dos porciones que la integran.

Es difícil determinar la cantidad de calor que el recipiente pierde hacia el ambiente, debido a que depende del material y forma del recipiente, de las características predominantes del medio y del clima, etc., y, en general, de una situación que varía con el tiempo y con las condiciones de la prueba. Aunque no es posible definir cuantitativamente tal pérdida, sí es posible suponer que, dado que las condiciones en que se realizan las pruebas son uniformes, esta pérdida permanece de igual magnitud en todas ellas, es decir, es constante. Así, el valor de la partida del calor total cedido a los recipientes, podría considerarse igual al calor que ingresa al interior del recipiente, más una constante.

La cantidad de calor que absorbe el agua dentro de los recipientes es la suma del calor sensible (que sirve para elevar la temperatura del agua hasta el punto de ebullición) y del calor latente (que suministra la energía necesaria para el cambio de estado de líquido a gas).

Como ya se dijo, en las PS el volumen del agua contenida en los recipientes es prefijado, y durante la prueba se lleva registro de los diferentes niveles de temperatura. Con esta información se puede calcular el calor sensible; y luego, al cuantificar el volumen de agua evaporada, se puede determinar el calor latente, de modo que es posible calcular

el calor total ingresado al interior del recipiente; sin embargo, debe notarse que los cálculos hechos en esta forma, implican que durante la prueba el sistema se mantiene en un estado de equilibrio. Las consecuencias de esta implicación se revisarán más detalladamente en este mismo informe.

3.1.2.3 Las otras partidas de calor

La partida que corresponde al calor total contenido en los gases de combustión está compuesto de el calor potencial de cualquier gas combustible que escape junto con los gases de combustión, y el calor sensible de los gases de combustión húmedos; tanto esta partida como la del calor absorbido por la estructura de la estufa son de muy difícil determinación. Además, se requiere contar con instalaciones y equipo que no se encuentran disponibles en el ICAITI.

Finalmente, la partida que corresponde al calor total acumulado en cenizas y escorias, puede (aunque sólo de manera muy aproximada) de terminarse pesando y midiendo las cenizas y carbones resultantes al final de la prueba.

3.1.2.4 Conclusión

La complejidad del método ideal ya descrito y las dificultades experimentadas en su aplicación práctica, obligaron al Grupo de Combustión Doméstica a buscar un método optativo sin esos inconvenientes

Una opción, que realmente es una versión abreviada del método ideal, consiste en establecer ÚNICAMENTE la cantidad de calor que es aprovechada en los recipientes. Esto reduce las determinaciones únicamente a dos partidas, que según lo dicho anteriormente plantean menor problema: 1) el calor total que ingresa a la estufa (aportado por la leña) y 2) el calor total cedido a los recipientes.

La información obtenida al determinar estas partidas en la forma ya descrita, permite calcular una "razón de utilidad", un coeficiente

de rendimiento de cada modelo, al que se denominó "eficiencia", y que viene dado por el cociente del valor de calor total que se aprovecha en los recipientes, entre el calor liberado por la leña.

Este método alternativo ofreció una considerable sencillez comparado con el método ideal, al suprimir el cálculo de las partidas complejas y ofrecer la posibilidad de contar con un coeficiente numérico para cuantificar el rendimiento de la estufa. Este método fue adoptado para los primeros ensayos hechos, con el fin de buscar un procedimiento idóneo para evaluar la "eficiencia" de cada modelo.

3.1.3 Condiciones generales para la realización de las pruebas

Tal como se ha dejado indicado ya, el proceso real de cocinar se ve afectado por varios agentes ajenos a la estufa misma, por lo que se hizo necesario fijar ciertas condiciones para la ejecución de las pruebas, así como adoptar ciertos valores constantes, de manera que se tuviera bajo control el proceso y se contara con un marco válido de comparación en la prueba de los diferentes modelos.

Se trató de que algunas condiciones que afectaban el proceso, tales como temperatura y humedad relativa del ambiente, dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, fueran uniformes para todas las pruebas, y se supuso que conservaban su valor durante el transcurso de cada prueba.

3.1.3.1 Combustible

En lo que respecta a la leña usada durante las pruebas, se utilizó el procedimiento siguiente: se adquirió, de un mismo proveedor, una cantidad suficiente de una misma variedad de madera, consistente en piezas de pino blanco de aproximadamente 5 x 5 x 30 centímetros (2" x 2" x 1'). La madera fue colocada en un ambiente ventilado y sombreado por espacio de 3 semanas aproximadamente, hasta que alcanzara un grado homogéneo de humedad de alrededor del 18% (medido en función de la conductividad eléctrica); en estas condiciones, se consideró que todas las pie-

zas de madera tenían la misma humedad. A continuación, se pesaron todas las piezas de madera y fueron clasificadas en cuatro grupos; cada grupo incluía pesos dentro de un intervalo de 40 gramos, así: 320 ± 20 gramos; 360 ± 20 gramos; 400 ± 20 gramos; 440 ± 20 gramos. Se cuidó de usar en cada prueba madera proveniente de un mismo grupo, porque se consideró que la madera de cada grupo tenía densidad homogénea.

3.1.3.2 Recipientes

Los recipientes utilizados en todas las pruebas fueron iguales y consistieron en tres ollas de aluminio de las siguientes dimensiones:

Olla "A" de 28 cm de diámetro y 19 cm de altura

Olla "B" de 24 cm de diámetro y 18 cm de altura

Olla "C" de 18 cm de diámetro y 11 cm de altura

En cada prueba se emplearon los recipientes sin tapadera. Las lecturas de las temperaturas en los recipientes se efectuaron con termómetros de mercurio de amplia escala (Fisher Scientific, Cat. No. 14-985-5E; intervalo de operación de -10° a 260°C), sujetos con un alambre, colocados en el centro del recipiente y apoyados directamente sobre el fondo del mismo.

El volumen del agua usada fue medido con una probeta graduada de un litro de capacidad.

3.1.3.3 Residuos

Los residuos de carbón sobrante fueron pesados, al igual que la madera empleada, en una balanza con capacidad de 4.5 Kg (Fisher Scientific).

3.1.3.4 Valor de las constantes físicas empleadas

Para los cálculos, se usaron los siguientes valores:

Poder calorífico del Pino Blanco empleado:	18 828 J/g
Poder calorífico del Carbón resultante:	32 216.8 J/g
Calor latente de vaporización del agua:	2 259.4 J/g
Calor específico del agua:	4 184 J/Kg.K

3.1.4 Procedimientos ensayados. Primera serie

Cualquiera que fuera el procedimiento de prueba que se empleara, debería permitir valorar tanto la partida de calor que ingresa a la estufa (Q_t), como la que es cedida a los recipientes (Q_u) durante un trabajo de cocina simulado. Con estos dos valores, es posible calcular la eficiencia (E) - en un sentido propio - del modelo probado, dado por el cociente entre el calor aprovechado y el liberado por la leña ($E=Q_u/Q_t$).

Las características tales como nivel de potencia, duración de la operación, volumen de agua, etc., que no se encuentran sujetas a reglas generales que faciliten su definición, debieron ser fijadas con base en la información proporcionada por esta primera serie de ensayos hasta con seguir un procedimiento idóneo.

Una misma estufa, operada en diferentes condiciones, puede mostrar distintos niveles de eficiencia, por lo que resultaba necesario definir claramente el procedimiento en términos concretos y adecuados para obtener resultados semejantes a los de un trabajo real de cocina.

Dada la naturaleza tentativa de la primera serie de ensayos, no resultaba necesario que los mismos se hicieran en todos los modelos construidos; bastaba con usar un modelo representativo de cada sistema (fuego abierto, parcialmente abierto y aislado), para descubrir si el procedimiento ensayado era capaz de mostrar cuantitativamente las innegables diferencias entre los tres sistemas. Hasta no descubrir este procedimiento, resultaba una pérdida de tiempo y esfuerzo ensayar todos los modelos construidos.

Según lo anterior, los procedimientos que se describen en la sección 3.1.4.1 fueron ensayados únicamente con tres modelos (y en unos casos únicamente con dos), consistentes en el fuego abierto, el fogón en "U" (sistema de fuego parcialmente abierto) y la estufa Lorena (Sistema de fuego aislado).

Los procedimientos ensayados siempre consistieron en probar cada modelo empleando tres ollas con volúmenes ya prefijados de agua, y operar el sistema hasta lograr cierto comportamiento predeterminado. En cada caso particular se llevó un registro de las temperaturas, los pesos y los volúmenes, datos necesarios para calcular la eficiencia.

3.1.4.1 Descripción de los procedimientos ensayados

A continuación se describen cuatro procedimientos diferentes que se probaron prácticamente. En cada caso, se cumplieron las condiciones generales para la realización de las pruebas, descritas en la sección 3.1.3.

Procedimiento 1

El procedimiento consistió en agregar leña en la cantidad necesaria para conseguir que el agua hirviera en uno de los recipientes (recipiente A). Cada uno de los recipientes contenía volúmenes de agua previamente fijados.

La prueba se prolongó por una hora, durante la cual se siguió agregando leña en cantidades suficientes para permitir que el recipiente A continuara hirviendo ininterrumpidamente.

Al término de ese período, se suspendió la alimentación de leña y se conservaron los recipientes en su posición hasta que ya no hubo flama y la temperatura comenzó a descender.

Durante el curso de la prueba se tomaron lecturas continuas de la temperatura en cada recipiente, y al finalizar, se midió el volumen de agua sobrante y se pesó la cantidad de carbón residual.

Procedimiento 2

El procedimiento empleado consistió en agregar leña en las cantidades necesarias para conseguir que el agua hirviera en cada uno de los tres recipientes. Cada recipiente contenía volúmenes de agua previamente fijados.

La prueba se prolongó durante una hora, durante la que se siguió agregando leña para permitir que los recipientes continuaran hirviendo ininterrumpidamente.

Al finalizar la hora, se apagó el fuego con ayuda de un extinguidor de CO₂ y se pesaron los residuos de carbón.

Los recipientes se conservaron en su posición, hasta que la temperatura empezó a descender.

Durante el curso de la prueba se tomaron lecturas continuas de la temperatura de cada recipiente y, al finalizar, se midió el volumen de agua sobrante.

Procedimiento 3

El procedimiento utilizado se inspiró directamente en lo que se consideró que es el ciclo real de cocinar de una familia común. Consistió en agregar leña hasta que hirviera el agua del recipiente mayor, que es el principal. Se continuó agregando leña a discreción para mantener la ebullición, durante una hora ininterrumpida. Al finalizar este lapso, se suspendió la alimentación de leña; los recipientes se conservaron en sus posiciones.

La prueba se inició de mañana con las operaciones ya descritas, y, aproximadamente cuatro horas más tarde de la primera etapa, se encendió de nuevo el fuego, agregando leña hasta que el agua del recipiente mayor alcanzó la temperatura de ebullición.

Se continuó agregando leña para mantener esta situación por dos horas continuas, al término de las cuales, conservando los recipientes en su posición, se suspendió la alimentación de la leña.

Por último, al final de la tarde el fuego volvió a ser encendido, y se agregó la leña necesaria para conseguir que el agua del recipiente mayor hirviese nuevamente por una hora continua.

Cuando la temperatura empezó a descender y no hubo flama en la estufa se extrajeron y pesaron los residuos de carbón.

Los recipientes utilizados contenían originalmente agua en volúmenes prefijadas, pero debido a la duración de la prueba fue necesario agregar más agua. De esto se llevó un registro.

Durante el curso de la prueba, se llevó un registro continuo de la temperatura en cada recipiente. Al finalizar, se midió el volumen de agua sobrante y la cantidad de carbón no quemado.

Al igual que en todos los ensayos, se llevó un registro constante de la cantidad de leña empleada.

Procedimiento 4

Con el procedimiento empleado se buscaba concentrar la energía liberada por la leña, únicamente para incrementar el calor sensible del agua.

La prueba dió inicio con los tres recipientes con volúmenes medidos de agua. Se agregó la leña a discreción, de manera que si el agua de algún recipiente alcanzaba la temperatura de ebullición, era sustituida por un volumen de agua igual al original, a temperatura del medio circundante.

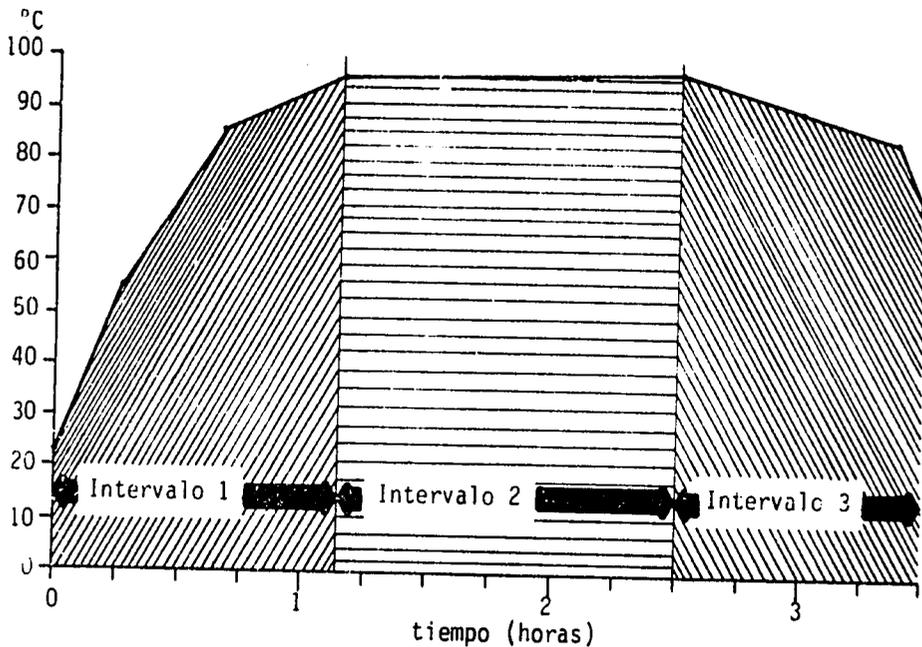
El agua retirada era medida para establecer el volumen evaporado, el que generalmente resultó ser bastante pequeño.

La prueba tuvo una duración aproximada de tres horas, durante las cuales se llevó un registro constante de los volúmenes que fueron calentados y de los que resultaron evaporados.

La leña fue agregada según las necesidades y al final fue retirado y pesado el carbón sobrante.

Con los registros de tiempo-temperatura de cada recipiente, en cada una de las pruebas se prepararon gráficas bidimensionales. (Anexo A)

Las gráficas muestran los niveles de la temperatura en el transcurso del tiempo y tienen la forma general siguiente:



- Intervalo 1: El calor utilizado provoca el incremento de la temperatura del agua.
- Intervalo 2: El calor utilizado mantiene el agua en constante ebullición.
- Intervalo 3: Se suspende el suministro de calor. Desciende la temperatura del agua.

GRAFICA I

3.1.4.2 Resultados Obtenidos

En los dos cuadros siguientes, se consigna un resumen de los resultados obtenidos.

CUADRO 1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PROCEDIMIENTOS ENSAYADOS PARA LAS PRUEBAS DE SIMULACION.
PRIMERA SERIE

Parámetros		Procedimiento 1			Procedimiento 2	
		Fogata Abierta	Fogón en "U"	Estufa Lorena	Fogata Abierta	Estufa Lorena
Cantidad de madera consumida (g)	M_w	4 586.0	5 708.0	6 250.0	5 264.0	5 914.0
Cantidad de carbón sobrante (g)	M_c	488.0	566.0	714.0	206.0	180.0
Humedad promedio de madera empleada %	$100 \times$	18.8	18.5	18.0	20.4	18.8
Energía aportada por la madera (kJ)	$Q_t = M_w \cdot E_w \cdot \frac{1}{1+x} - M_c \cdot E_c$	57 000.0	72 457.3	76 721.6	75 681.0	87 928.9
Masa de agua calentada (g)	ma	7 500.0	9 500.0	9 500.0	9 500.0	9 500.0
Energía empleada para calentam. (kJ)	$Q = ma \cdot C_p \cdot \Delta t$	2 259.4	2 901.6	2 901.6	2 941.4	2 782.4
Masa de agua evaporada (g)	mv	4 564.0	6 000.0	6 415.0	6 670.0	7 660.0
Energía empleada en la evaporac. (kJ)	$Q = mv \cdot C_v$	10 314.0	13 556.2	14 493.8	15 069.9	17 306.7
Energía total utilizada (kJ)	$Q_u = Q + Q_v$	12 573.3	16 457.8	16 137.7	18 011.3	20 089.1
Eficiencia = Q_u/Q_t (%)		22.0	22.3	21.0	23.8	22.8

CUADRO 1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS PROCEDIMIENTOS ENSAYADOS PARA LAS PRUEBAS DE SIMULACION.
PRIMERA SERIE

Parámetros		Procedimiento 3			Procedimiento 4	
		Fogata Abierta	Fogón en "U"	Estufa Lorena	Fogata Abierta	Estufa Lorena
Cantidad de madera consumida (g)	Mw	19 975.0	20 216.0	20 064.0	3 000.0	6 090.0
Cantidad de carbón sobrante (g)	Mc	498.0	580.0	728.0	200.0	170.0
Humedad promedio de madera empleada %	100 x	16.3	17.8	17.9	18.0	18.0
Energía aportada por la madera (kJ)	$Q_t = M_w \cdot E_w \cdot \frac{1}{1+x} - M_c \cdot E_c$	307 392.2	304 466.3	296 890.8	41 424.5	91 694.9
Masa de agua calentada (g)	ma	31 500.0	29 800.0	29 700.0	24 000.0	44 000.0
Energía empleada para calentam. (kJ)	$Q = m_a \cdot C_p \cdot \Delta t$	10 826.1	9 351.2	9 319.9	7 246.7	13 539.4
Masa de agua evaporada (g)	mv	28 100.0	25 790.0	27 390.0	4 760.0	8 160.0
Energía empleada en la evaporac. (kJ)	$Q_v = m_v \cdot C_v$	63 488.0	58 268.9	61 883.9	10 752.9	18 436.4
Energía total utilizada (kJ)	$Q_u = Q + Q_v$	74 314.1	67 620.1	71 203.7	17 999.6	31 992.5
Eficiencia = Q_u/Q_t (%)		24.2	22.2	24.0	43.0	35.0

Poder calorífico de la madera, E_w : 18 828 J/g

Poder calorífico del carbón, E_c : 32 216.8 J/g

Calor específico del agua, C_p : 4 184 $\frac{J}{kg \cdot K}$

Calor latente de vaporización del agua, C_v : 2 259.4 J/g

Ver anexo "A"

3.1.4.3 Análisis de los resultados obtenidos

Nótese en los resultados obtenidos que en los modelos que fueron sometidos a un mismo procedimiento, los niveles de eficiencia son muy similares, sin que se reflejen las diferencias que existen entre los sistemas, excepto en el caso del procedimiento número cuatro, para el que el sistema de fuego abierto muestra mayor eficiencia que la estufa Lorena. La naturaleza de estos resultados hizo sospechar que el método empleado era incorrecto, que su aplicación se había hecho en forma inadecuada, o ambos. En el siguiente análisis se explica qué posiblemente ocurrió.

El calor utilizado (Q_u), que es el que se aprovecha en los recipientes, está compuesto por el calor que ocasiona la elevación de la temperatura del agua, llamado calor sensible (Q) y el calor que se necesita para que el agua se convierta de líquido en vapor, llamado calor latente de vaporización o calor latente (Q_v).

$$Q_u = Q + Q_v \quad (1)$$

El calor latente se calculó con la aplicación de la fórmula siguiente:

$$Q_v = M_v \cdot C_v \quad (2)$$

M_v : Masa de agua evaporada

C_v : Calor latente de vaporización del agua.

Puede notarse que el cálculo de la magnitud del calor latente no ofrece ninguna dificultad; basta con conocer cuál es la cantidad de agua evaporada.

En cuanto al calor sensible del agua, o sea aquél que se manifiesta en el incremento de la temperatura del agua, fue calculado según la fórmula siguiente:

$$Q = m_a \cdot C_p \cdot \Delta T \quad (3)$$

m_a : Masa de agua calentada

C_p : Calor específico del agua y

ΔT : Incremento de la temperatura del agua.

Esta última fórmula (3) es aplicable para calcular el calor sensible del agua, únicamente cuando se trata de un estado que permanece en equilibrio. Sin embargo, para el caso general de la actividad de cocinar, el volumen de la masa de agua calentada y el calor específico de la misma, sólo sufren pequeñas variaciones, por lo que el valor del calor sensible depende casi por completo del aumento de la temperatura que ocurra (en el intervalo $\Delta T = T_f - T_i$). En el caso de la actividad de cocinar, éste (ΔT) ocurre de manera irregular, afectado por la influencia del gran número de variables; en una estufa es posible observar cambios imprevisibles, continuamente.

Con las PS se trata de evaluar una estufa de acuerdo con el aprovechamiento de calor logrado en los recipientes. El análisis anterior debe entonces aplicarse a estos últimos.

El calor aprovechado en un recipiente depende de los fenómenos que ocurren dentro de la estufa misma; si éstos son erráticos, los que ocurren dentro del recipiente deben serlo también. El proceso que se desarrolla dentro del recipiente es inestable, debido a su dependencia del comportamiento de la estufa y a otros factores, tal como la manera impredecible en que ocurren las pérdidas de calor en el recipiente mismo.

Si todas las propiedades que definen el sistema termodinámico analizado, dentro del recipiente, están variando con el transcurso del tiempo, resulta natural que no pueda aplicarse una fórmula que únicamente considere los valores iniciales y finales sin tomar en cuenta lo que ocurre en el período intermedio.

En la gráfica anterior se ilustran las tres etapas por las que pasa el proceso dentro del recipiente durante la prueba, y la relación entre el tiempo y la temperatura. En el intervalo 1, antes de que el agua alcance la temperatura de ebullición, todo el calor utilizable se emplea para incrementar la temperatura del agua.

En el intervalo 2, el calor utilizable mantiene el agua a un nivel fijo de temperatura e induce el cambio de líquido a vapor. Finalmente,

en el intervalo 3, la temperatura del agua desciende al suspenderse el suministro de calor.

Es evidente que la duración del intervalo 1 es un factor importante que debe considerarse en el cálculo de calor utilizable. Si durante dos diferentes PS se eleva la temperatura del agua en un mismo Δt (desde la temperatura del ambiente a la temperatura de ebullición), usando ambas el mismo recipiente, iguales volúmenes de agua y en general manteniendo todas las condiciones iguales excepto el tiempo, la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura en un tiempo corto será considerablemente mayor que para un tiempo más largo. Sin embargo, al efectuar el cálculo mediante la fórmula citada (3), la cantidad de calor utilizado resultante sería la misma para ambos casos, por lo que los resultados de eficiencia vendrían a ser también diferentes.

En el período correspondiente al intervalo 2, cuando el agua alcanza la temperatura de ebullición, no importará cuanto más combustible se agregue, la temperatura no se elevará y la evaporación tampoco registrará un aumento proporcional. Por otra parte, si se mantiene la temperatura unos 5°C por debajo de la temperatura de ebullición, no ocurrirá evaporación significativa, y en tal caso el resultado de la ecuación para el cálculo del calor latente (2), será cero y la ecuación del calor utilizable (1) se convertirá en $Q_u = Q$ (4)

Si se trata de valorar el calor sensible (Q) para este período, al mantenerse constante la temperatura del principio al final del mismo, el incremento de la temperatura es igual a cero ($\Delta T = 0$), lo que significa -cuando menos según la ecuación (3)- que el calor sensible es cero, siendo por lo tanto el calor utilizado cero según (4). Este resultado es evidentemente incorrecto puesto que se ha necesitado alguna cantidad de calor para mantener el agua a cierto nivel de temperatura por un tiempo prolongado.

Las consecuencias derivadas de la situación anterior se describen en los comentarios números 8 y 9 de la sección siguiente (3.1.4.4).

3.1.4.4 Comentarios sobre la primera serie de procedimientos ensayados para las Pruebas de Simulación (PS).

- 1) En general, las pruebas necesarias para establecer la eficiencia de una estufa no pueden realizarse cocinando alimentos reales, ni en condiciones sin control, ni con cocineras "verdaderas". Por eso, resultó inevitable realizar pruebas de simulación (PS) en que fueran constantes o resultaran eliminadas todas las fuentes de variación ajenas a la estufa sometida a prueba.
- 2) Las consultas hechas en la literatura disponible no permitieron hallar métodos cuya eficacia y confiabilidad hubieran sido probados por otros experimentadores en el campo de estufas de leña, en lo que se refiere a la determinación de la eficiencia.
- 3) Sin embargo, durante las diversas consultas hechas a otras instituciones que trabajan con estufas de leña, se halló que se han usado algunos procedimientos basados en la determinación de las partidas de calor que ingresan y las que salen de las estufas.
- 4) La configuración general de esos procedimientos corresponde a lo que se describe como El Método Ideal para las Pruebas de Simulación (PS) (3.1.2).
- 5) El Método Ideal requiere trabajos experimentales y cálculos termodinámicos muy complicados, y demanda, además, un instrumental del cual no se dispone en el ICAITI. Otro inconveniente es el alto costo que representa. De todos modos, a causa de que las estufas no son idénticamente iguales, aunque con este método pudiera determinarse la eficiencia con gran exactitud en UN MODELO, sólo representaría una aproximación a la eficiencia verdadera de otras estufas. A causa de todo esto, resultó razonable elegir un método derivado del Método Ideal, aunque sus resultados fueran menos precisos.
- 6) El método escogido, que designamos como "método alternativo", se escogió con base en las consideraciones anteriores, y se probaron cuatro procedimientos para aplicarlo.

7) Las pruebas realizadas con el método alternativo no revelaron las diferencias de eficiencia que eran de esperar dadas las características ya conocidas de las estufas que se probaron (Cuadro 1). Se advierte que las eficiencias obtenidas son muy parecidas en todos los casos, lo cual no es compatible con la diversidad de estufas probadas.

8) Por las razones expuestas en la Sección 3.1.4.3, los resultados de eficiencia del Cuadro 1 deben interpretarse en el sentido de que el METODO ESCOGIDO NO ES APROPIADO PARA MEDIR LA EFICIENCIA que se buscaba averiguar.

9) De consiguiente, resultó necesario buscar otro procedimiento que SÍ MIDIERA ESA EFICIENCIA EN LOS MODELOS QUE SE SOMETIERAN A PRUEBA.

4. PROCEDIMIENTO DEFINITIVO PARA LAS PS

Con base en la experiencia obtenida en la primera serie de ensayos, fue posible determinar las características más importantes que debería tener el procedimiento idóneo para realizar las pruebas.

Tal como ya se indicó, la partida del calor cedida a los recipientes (a la que se le ha denominado "calor utilizado", pero que realmente es calor potencialmente utilizable), está siendo considerada como equivalente a la que se midió en el interior de los recipientes, sin tomar en cuenta la cantidad de calor que éstos pierden en el ambiente.

En realidad, el valor del calor que la estufa cede a los recipientes es mayor que lo calculado bajo el título de Calor Utilizado, ya que existe pérdida. Dicha pérdida variará según diversos factores; por ejemplo, si se realiza una operación de cocina con recipientes de aluminio, y otra, usando recipientes de cerámica, en este último caso la estufa mostraría un rendimiento menor, con lo que los resultados de la eficiencia de la estufa variarían según un factor ajeno a la misma. Para evitar esta anomalía observada en los procedimientos anteriores, el término "calor utilizado" debe ser interpretado como una representación proporcional de la cantidad de calor que la estufa envía a los recipientes; esto significa que los valores de "calor utilizado" no son absolutos y son útiles únicamente para ser usados en forma comparativa.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la operación de cocinar tiene como función principal la cocción de alimentos (que generalmente no es más que el ablandamiento de los mismos) y esto se logra según sea la temperatura del líquido; cuanto mayor sea, más rápidamente se realizará el cocimiento. En el caso práctico y común, existe un límite de la temperatura que se puede alcanzar, dado por la temperatura en que el agua llega al punto de ebullición. A partir de esa temperatura, no importa cuanto calor agreguemos al sistema, no será posible aumentar la

temperatura, y el cocimiento se efectuará con igual intensidad. Es decir que cuando se cocina a niveles de potencia muy altos, se produce una pérdida de energía porque se provoca la evaporación sin que se logre aumentar la temperatura de cocción.

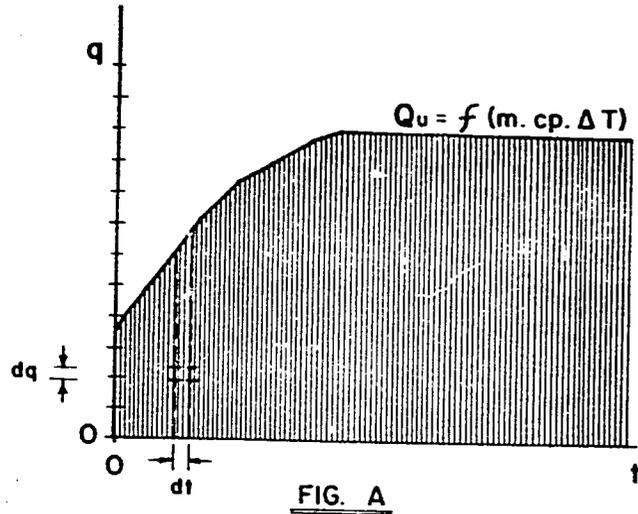
Un procedimiento idóneo con que se pretenda valorar de manera confiable la operación de cocina en cualquier modelo, debe considerar expresamente el nivel de potencia apropiado para ese fin particular.

En la figura "A" de la gráfica siguiente se muestra la curva de calor utilizado (Q_u), que viene expresada por la sumatoria de todos los calores usados en cada instante que dura la prueba; el área bajo la curva representa el valor total de dicho calor. Sin embargo, no es posible cuantificarlo en vista de la imposibilidad ya mencionada de establecer la cantidad de calor que llega a los recipientes en cada instante, debido a la inestabilidad del sistema.

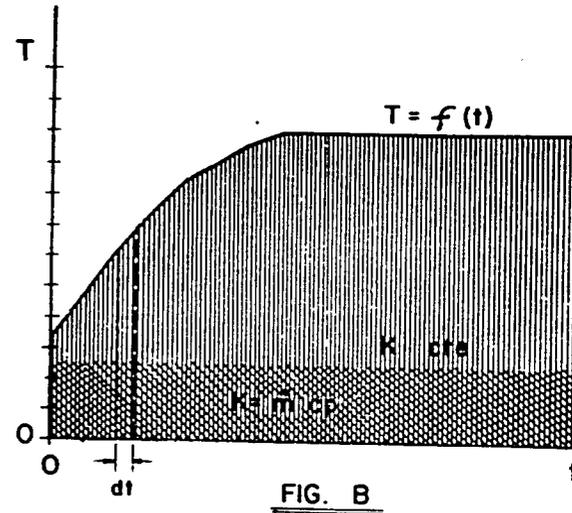
En la figura "B" de la misma gráfica, puede verse que la suma del área debajo de la curva K , más el área entre las curvas $T = f(t)$ y $T = K$, hacen el equivalente del calor utilizado mostrado en la figura "A". En realidad, puede considerarse a la figura "B" como una versión estratificada de la "A" en donde se han separado los valores constantes de los valores variables. Suponiendo que la masa de agua (m) y el calor específico de la misma (c_p) son constantes, su producto $m \cdot c_p$ está representado por el área debajo de la curva $T = K$, de manera que el valor del calor utilizado depende únicamente del cambio de la temperatura del agua (el calor latente puede despreciarse si se mantiene un mismo patrón para todas las pruebas).

El problema consiste ahora en determinar el valor que representa el área bajo la curva $T = f(t)$, (T es función del tiempo). El gradiente de temperatura con respecto al tiempo está condicionado por varios factores, tales como: el material y forma del recipiente, la masa de agua, el nivel de potencia con que se realiza la operación, las características del ambiente, etc., de manera que es difícil de definir. Podría definirse mediante un considerable trabajo de investigación bajo

CURVA DE CALOR TOTAL
SIN LLEGAR A EBULLICION



$$Q_u = \int_0^t \int_0^q dq dt$$



$$Q = \dot{m} cp \int_0^t f(t) dt$$

GRAFICA 2

condiciones controladas, que difícilmente justificaría los resultados. Lo anterior significa que no es posible disponer de una función matemática, una regla de correspondencia que aplicar para cuantificar la cantidad de calor utilizable como una función de la temperatura y el tiempo; sin embargo el disponer de la curva del comportamiento permite contar con la medida gráfica del área.

En conclusión, el procedimiento definitivo para las PS debía llenar algunos requisitos. El primero de ellos consistía en que dada la circunstancia de que los valores obtenidos no son absolutos, el procedimiento debía basarse en la comparación entre modelos. Por otra parte, la comparación debía hacerse sobre la base de las dimensiones gráficas del área representativa del calor utilizable, debido a la dificultad de obtener coeficientes numéricos.

Si el procedimiento seleccionado debía permitir la comparación de eficiencias de los modelos, debería escogerse alguno de los modelos para que sirviese de patrón. El fuego abierto tradicional fue adoptado como patrón, ya que siendo un sistema ineficiente y de uso más común en Centroamérica, podría servir de base para determinar las ventajas de cualquier modelo.

Finalmente, la operación de cocina en que se basara el procedimiento, debía hacerse a un nivel de potencia análogo al que prevalece en las operaciones de cocina verdaderas.

La operación seleccionada, debía simular lo más exactamente posible una operación de cocina real en otros aspectos. Una rápida investigación en el campo, reveló la imposibilidad de establecer una "operación típica de cocinar", debido a la enorme diversidad de costumbres existentes; sin embargo, se logró fijar algunas directrices para definir una operación que guardara semejanza con las operaciones reales de cocina en el campo.

4.1 DESCRIPCION

Con el procedimiento se pretendía establecer cuál es la menor cantidad de combustible que un sistema dado necesita para una operación simulada de cocina.

La operación consistió en procesar agua de tres recipientes; el "A" con 8 000 gramos de agua, el "B" con 4 000 gramos de agua y el "C" con 2 000 gramos de agua. La operación consistía en dos fases; en la primera la temperatura del agua del recipiente "A" se llevó a la temperatura de ebullición (96°C aproximadamente para la ciudad de Guatemala) y la de los otros dos recipientes, a 75°C. En la segunda fase se mantuvo lo más constante posible el nivel de temperatura alcanzado, hasta completar un tiempo total de 3 horas, incluido el tiempo de la primera fase.

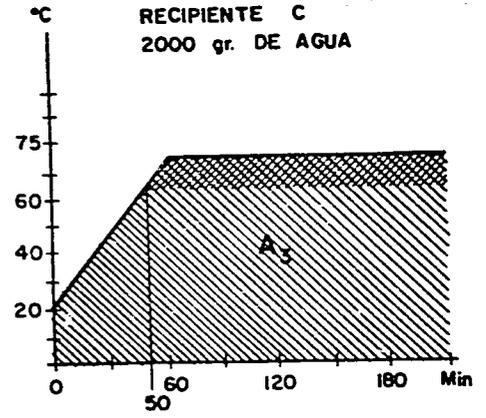
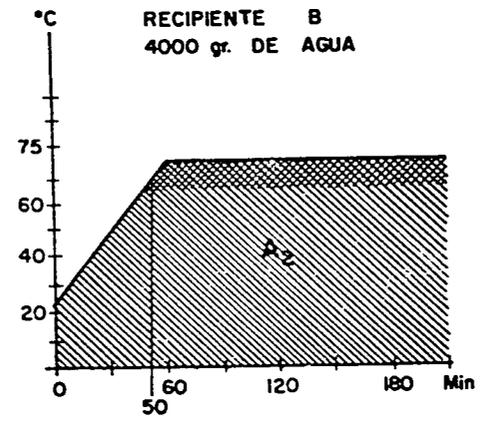
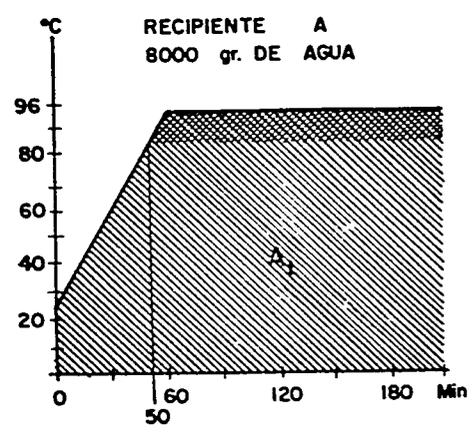
La gráfica siguiente muestra las curvas de variación teórica de la temperatura de cada recipiente durante el transcurso de la prueba. Las pruebas se basaron en que el área debajo de las curvas representa el calor total utilizado, de manera que se debía tratar de conseguir que las áreas debajo de las 3 curvas fueran iguales para lograr iguales operaciones de cocinado.

La fase uno debía hacerse dentro de un tiempo límite. En la operación simulada que se ilustra en la gráfica, este tiempo es de 50 minutos; sin embargo, en la realidad, debido a que el grado de control resultó diferente en cada modelo, no fue posible cumplir rigurosamente esta condición.

En vista de lo anterior, resultó necesario fijar los siguientes límites de aceptabilidad en la prueba de una estufa. El tiempo promedio requerido para que los recipientes alcanzaran la temperatura meta en la fase uno podría ser desde un mínimo de 30 minutos hasta un máximo de 70, es decir $50 \text{ min} \pm 20 \text{ min}$.

Tampoco resultaba posible esperar que los niveles requeridos de las temperaturas del agua al final del intervalo 1 fueran exactamente las estipuladas para la prueba (96° y 75°C), porque las estufas tienen

OPERACION SIMULADA DE COCINA



EL CALOR TOTAL UTILIZADO ESTA REPRESENTADO
POR EL AREA TOTAL DE $A_1 + A_2 + A_3$

10°C  zona de nivel de
temperatura aceptable

GRAFICA 3

poca sensibilidad para las operaciones de control. Esta situación obligó a fijar, en vez de una temperatura fija, un intervalo de "temperaturas aceptables", que incluye todos los valores que quedan 10°C por debajo de las temperaturas fijadas ($86^{\circ}\text{-}96^{\circ}\text{C}$ y $65^{\circ}\text{-}75^{\circ}\text{C}$). En la gráfica 3 la zona denominada "temperatura aceptable" marca la finalización del intervalo 1.

En cada prueba se agregaría la leña a un ritmo uniforme y en un volumen constante. Se harían varios ensayos, y en cada uno, el total de la leña empleada se iría reduciendo, hasta llegar al mínimo para el que las condiciones de tiempo y temperatura arriba descritas fueran satisfechas estrictamente. Se decidió que no podría considerarse como buena ninguna prueba en la que la fase uno durara más allá del tiempo límite establecido, ni en la que la temperatura de los recipientes descendiera más allá de la zona de temperatura aceptable, ya que en ambos casos la reducción del área bajo la curva sería considerable y por consiguiente, el trabajo de cocina efectuado sería menor que el deseado.

Los ensayos en los que se excediera el límite superior de la temperatura se considerarían aceptables si, al reducir la cantidad de combustible en un ensayo siguiente, éste tuviera una duración o diera como resultado una temperatura final por debajo del límite inferior aceptable.

Por lo demás, las condiciones en que se efectuarían las pruebas, debían ajustarse a lo establecido en la sección "condiciones generales para la realización de las pruebas" (3.1.3).

4.2 RESULTADOS OBTENIDOS

Los modelos construidos se sometieron a las pruebas ya descritas; sin embargo, para algunos modelos, debido a sus características propias, no fue posible realizar la operación de cocina simulada o sólo se logró mediante el consumo de cantidades excesivas de leña, por lo que fueron excluidos. Los modelos probados en definitiva fueron los siguientes nuve: Fuego Abierto, Estufa Lorena, Fogón en "U", Estufa Ghana, Estufa Chula, Estufa de Pespire, Estufa Singer, Estufa de Blocks y Estufa de Adobes. Los resultados obtenidos se indican en el cuadro siguiente.

CUADRO 2 RESULTADOS OBTENIDOS CON EL PROCEDIMIENTO DEFINITIVO PARA LAS PRUEBAS DE SIMULACION

Modelo Probado	Prueba 1		Prueba 2		Peso Promedio de Madera gramos	Razón (%)	Eficiencia Comparada (%)
	Tiempo Promedio para Fase 1	Peso Madera gramos	Tiempo Promedio para Fase 1	Peso Madera gramos			
Fogata Abierta	48.3	6 284	61.7	6 172	6 210	100	----
Estufa Lorena	46.7	4 992	60.0	4 954	4 972	80	+ 20
Fogata en "U"	40.0	5 476	55.0	5 274	5 375	87	+ 13
Estufa Ghana	68.3	4 826	63.3	4 920	4 873	78	+ 22
Estufa Choola	68.3	3 980	38.3	4 050	4 015	65	+ 35
Estufa de Pespire	50.0	6 352	46.7	6 520	6 436	104	- 4
Estufa Singer	51.7	5 538	58.3	5 080	5 309	85	+ 15
Estufa de Blocks	31.7	4 870	50.0	4 715	4 793	77	+ 23
Estufa de Adobes	30.0	4 740	63.3	4 648	4 694	76	+ 24

(Ver Anexo "B")

4.3 CONSIDERACIONES ACERCA DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En el Cuadro 2 se muestran los pesos de leña que se consumieron para realizar la Operación Simulada de cocina en cada modelo. Y, en la columna 7, se consignan los porcentajes de consumo de leña de cada uno de los modelos ensayados, tomando como 100% el valor correspondiente al fogón abierto.

En la columna 8 se muestra la "eficiencia comparada" de cada uno de los modelos, que es la diferencia computada respecto al 100% que corresponde al fogón abierto. Estas cifras deben interpretarse como una medida confiable de la CAPACIDAD ESPECIFICA DE CADA MODELO PARA AHORRAR LEÑA. Hay cinco modelos que resultaron con una capacidad de ahorro por encima del 20 por ciento, lo que significa que su empleo generalizado contribuiría a la disminución del consumo de leña en la actividad de co ci na y representaría un ahorro significativo en la cantidad total de le ña consumida en los países del América Central.

Es necesario tomar en cuenta que las cantidades de leña consumidas en las pruebas (y que se muestran en el Cuadro 2), probablemente son de diferente magnitud que las que pueden esperarse que consuman las estufas operadas por usuarios reales. Esta situación obedece a varias causas, de las cuales se consideran a continuación las tres más importantes.

La primera de ellas es el hecho de que, en la realidad y por regla general, las estufas son utilizadas continuamente, lo cual produce un au me nto de la "eficiencia comparada". Cuando se comienza a usar una estufa, ésta tiene humedad, y durante los primeros días, parte del calor generado por la leña se aprovecha en secarla; cuando ya está s eca, cada vez que se usa la estufa, su masa absorbe cierta cantidad de energía que se acumula día tras día, hasta alcanzar un nivel tal, que las p er didas de calor que la estufa sufre durante las horas en que no es operada, son in fe riores a la energía almacenada en ella. Como consecuencia de este fenómeno, en una estufa y se ca y que es usada en forma continua, existe constantemente una cantidad de energía almacenada en su masa que es apro ve chada en el proceso de cocinar, con lo que se reduce el consumo de le ña.

ña. Y, durante las pruebas, cuyos resultados se consignan en el Cuadro 2, no se dieron las condiciones descritas.

La segunda causa es que el tamaño y la configuración particulares de cada uno de los elementos de una estufa, pueden afectar en forma considerable la eficiencia de ésta. Debido a que cada estufa construida por un usuario particular se ajusta a sus peculiares necesidades, los elementos de diferentes unidades de un mismo modelo resultarán con diferente tamaño y algunas variaciones en la configuración; si esto ocurre con elementos tan importantes como la cámara de fuego y las hornillas, el efecto puede llegar a ser muy importante. Las estufas construidas por usuarios particulares muy probablemente tendrán diferencias respecto a las construidas y probadas en el ICAITI.

La tercera causa es el hecho de que la forma de operar una estufa también afecta su eficiencia real. Una cocinera que maneje la estufa en forma apropiada, podrá conseguir con ella ahorros mayores que otra que la opere descuidadamente, aun cuando se trate de la misma estufa. Las pruebas hechas en el ICAITI se hicieron en condiciones controladas, procurando usar las mejores técnicas de cocina.

La primera causa, definitivamente, contribuye a un aumento del ahorro de leña, tal como se deja dicho; la segunda puede tener un efecto de aumento o de disminución del ahorro, pero de poca magnitud; la tercera causa de variación tiende a disminuir el ahorro de leña; pero puede corregirse mediante una instrucción adecuada que se dé al usuario durante la fase de construcción, y también, con el transcurso del tiempo, en la medida en que el operador se adapte al sistema.

En general, puede esperarse que las tres causas combinadas produzcan un AUMENTO de los valores obtenidos en las pruebas que se resumen en el Cuadro 2.

PRUEBAS DE EFICIENCIA



ESTUFA DE TAMBOR

- * En cada recipiente está colocado un termómetro para medir la temperatura.

PRUEBAS DE EFICIENCIA



ESTUFA DE SENEGAL

*En el recipiente está colocado el termómetro para medir la temperatura.
Nótese la compuerta que se usa para regular la admisión de aire.

5. PRUEBAS PRACTICAS (PP)

Estas consistieron en la preparación de alimentos para una familia de 4 a 5 miembros: un desayuno y un almuerzo; y en el periodo entre ambos, se cocinaron frijoles y maíz para tortillas.

El objetivo de estas pruebas era obtener información acerca de la manera y el tiempo apropiados para cocer algunos alimentos, y recoger opiniones de personas con experiencia, sobre las ventajas y desventajas de algunas estufas. La información obtenida sería cualitativa y permitiría conocer de manera general la capacidad de los modelos para adaptarse a las necesidades reales de cocinar de una familia.

Los modelos sometidos a esta prueba fueron los siguientes: estufa Lorena, estufa Choola, estufa Ghana, estufa de adobes, estufa de blocks, estufa Singer, estufa Senegal, sistema de Fogata abierta y la estufa de Java.

5.1 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO

Se contrataron cocineras no profesionales, y durante las pruebas que duraron tres semanas, ellas cocinaron tal como lo hacían cotidianamente en sus casas. Cada día se cocinó en un modelo distinto la cantidad y tipo de alimentos que consumiría una familia de 4 a 5 miembros. Se preparó el desayuno (frijoles, huevos y café), el almuerzo (arroz, caldo de carne y verduras, y tortilla de maíz), y durante el tiempo entre ambos se cocinaron frijoles y se coció maíz para tortillas.

La leña era agregada al fuego según fuera necesario de acuerdo a la opinión de la cocinera. Se registraron la cantidad total de leña consumida durante la prueba, y los momentos de inicio y término del cocimiento de cada alimento que se preparó.

Se consultaron las opiniones de la cocinera referentes a los detalles de operación de cada modelo, tales como: el consumo de leña, la rapidez en la cocción de los alimentos, producción de humo, dificultades con el encendido y alimentación del fuego, etc.

5.2. RESULTADOS OBTENIDOS

En el cuadro siguiente se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Modelo Probado	Fecha	Consumo Leña gramos	Tiempo de cocimiento (minutos)			
			Desayuno	Almuerzo	Maíz	Frijoles
Fogata abierta	24.11.80	8 052	50	140	90	120
Estufa Lorena	25.11.80	7 270	42	100	82	120
Estufa Lorena	02.12.80	6 810	59	88	100	143
Estufa Lorena	26.01.81	8 406	28	134	70	130
Estufa Choola	26.11.80	7 988	90	155	45	150
Estufa Choola	05.12.80	7 070	60	135	34	117
Estufa Ghana	27.11.80	8 362	60	110	70	150
Estufa Ghana	03.12.80	8 000	48	150	49	147
Estufa Adobes	28.11.80	13 000	50	154	57	138
Estufa Adobes	27.01.81	8 100	35	102	50	122
Estufa Ceta I (1)	01.12.80	6 252	33	95	87	123
Estufa Senegal (2)	04.12.80	9 342	40	125	41	95
Estufa Singer	29.01.81	6 570	70	130	48	140
Estufa de Java	Fracasó prueba					
Estufa Blocks	30.01.81	8 666	35	166	55	90

(1) No se cocinó frijoles en el desayuno.

(2) No se cocinó arroz en el almuerzo.

Cocineras: Señora Alejandra Pérez de González (1-15 Dic. 80).

Señora Ana María Cucul (24-28 Nov. 80 y 26-30 Ene. 81).

En los resultados contenidos en el Cuadro, pueden apreciarse (columna 3) consumos distintos de leña entre los modelos probados, para cocinar un mismo tipo y una misma cantidad de alimentos; de igual manera, pueden notarse (Columnas 4, 5, 6 y 7) diferencias -algunas considerables- entre los tiempos empleados para cocer los alimentos.

Sin embargo, diferencias de igual naturaleza ocurrieron en un mismo modelo cuando cocinaron distintas personas. Esta situación pone en evidencia que la forma de operar la estufa (los hábitos de cocina) influye en el consumo de combustible, por lo que los resultados mostrados en el Cuadro sólo describen en forma relativa las propiedades de las estufas probadas.

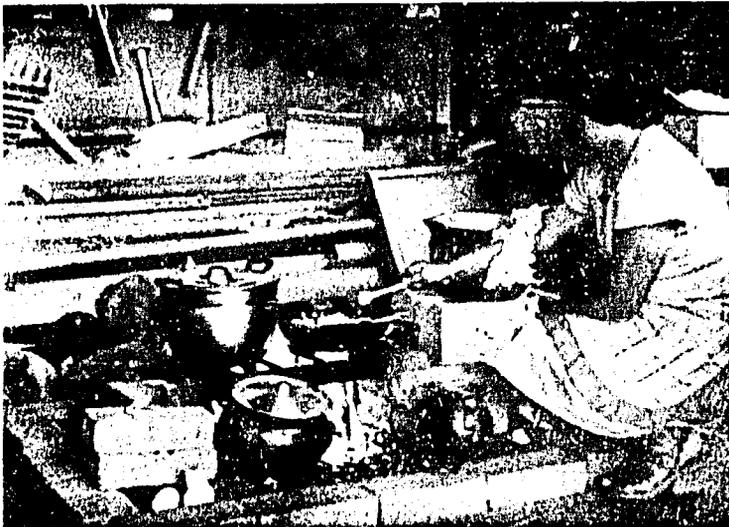
Como parte de las Pruebas Prácticas, se recogieron las opiniones de las cocineras que efectuaron las pruebas. Estas opiniones se consignan en el Anexo C. Uno de los comentarios que vale la pena destacar se refiere al hecho de que en las estufas, luego de terminar las ordinarias operaciones de cocina, queda suficiente calor remanente como para hacer otras comidas adicionales, sin usar más leña; otros comentarios importantes se refieren a que las cocineras reconocen que al usar las estufas consumen menos leña que la que normalmente han usado para hacer las comidas en su propia casa, en sistemas de fuego tradicional.

Entre los comentarios hechos por las cocineras, también resulta interesante aquél que se refiere a que encontraron muy ventajosa la posibilidad de cocinar varios alimentos simultáneamente con una sola hoguera.

PRUEBAS PRÁCTICAS



ESTUFA CHULA



FOGÓN TRADICIONAL



ESTUFA DE PLANCHA



ESTUFA GHANA

PRUEBAS PRÁCTICAS



ESTUFA LORENA



ESTUFA CETA I

6. MODELOS SELECCIONADOS PARA LA PRUEBA DE CAMPO

La siguiente etapa de este estudio sería la prueba de cinco modelos en el campo. La selección de dichos modelos se hizo según los factores siguientes:

- Ahorro en el consumo de leña con respecto al sistema de fuego abierto;
- Costo;
- Facilidad de construcción;
- Disponibilidad de materiales en la región;
- Facilidad de mantenimiento y limpieza; y
- Posible adaptabilidad a los hábitos de cocina.

Para hacer la selección se usó el método de valoración por puntos. Este consiste en dar un peso, de 1 a 10 puntos, a cada factor según su importancia, y luego calificar dentro de una escala que va también de 1 a 10 puntos, cada factor según su influencia favorable o desfavorable en una estufa determinada. Se obtiene un producto del peso del factor y la calificación de éste en la estufa. Se suman los productos y las cinco cantidades mayores obtenidas indican los modelos seleccionados para la prueba de campo.

El cuadro siguiente muestra el procedimiento de valoración y los resultados obtenidos.

CUADRO 3

Factores	Estufas														
	Peso	Lorena		Chulah		Ghana		Adobe		Block		Singer		Fogón	
		Calif	Prod	Calif	Prod	Calif	Prod	Calif	Prod	Calif	Prod	Calif	Prod	Calif	Prod
Ahorro de leña	10	6	60	10	100	7	80	9	90	8	80	5	50	3	30
Costo	7	10	70	10	70	5	35	9	63	9	63	8	56	7	49
Facilidad de Construcción	9	9	81	9	81	6	54	8	72	10	90	8	72	6	54
Disponibilidad de materiales	8	10	80	9	72	6	48	9	72	8	64	8	64	8	64
Facilidad de Mantenimiento	7	9	63	9	63	7	49	8	56	8	56	8	56	8	56
Adaptabilidad a las costumbres	8	10	80	8	48	7	56	7	42	8	48	8	48	8	56
Total			434		434		322		395		401		346		309
Puesto			1		2		6		4		3		5		7

Modelos seleccionados:

1. Lorena
2. Chula
3. Block
4. Adobe
5. Singer

BIBLIOGRAFIA

1. VITA. Energy Fact Sheet. Wood Conserving Cook Stoves No. 3. April 1980.
2. Lane, Fred R. Wood Stove Experience. Winter 1978-79. The University of Tennessee, Knoxville.
3. Solar Driers Inc. Energy Innovations. Riteway Stoves, Harrisonburg, Va. P. O. Box 153.
4. New Mexico Energy Institute, A Russian-Type Fire Place Demonstration and Workshop. New Mexico Energy Institute, Albuquerque, New Mexico.
5. Eindhoven University. The Family Cooker. Industrial Engineering Faculty at Eindhoven University. The Netherlands.
6. VITA. Wood Conserving Stoves: Two Stove Designs and Construction Techniques.
7. VITA. Improved Cookstoves for Rural Senegal. Consultants Report to VITA, 1980.
8. USAC. Centro de Experimentación de Tecnología Apropriada. USAC, Guatemala.
9. The Atlanta Stove Works Inc.
10. U. N. A preliminary Study of the Possibility of Introducing the Use of Efficient Wood Stoves in Rural Guatemala. U. N. Petroleum and Energy Project.
11. Visión Mundial. Evaluación preliminar del Proyecto de Estufas Lorena. Estación Experimental CHOQUI, Quetzaltenango. Con la ayuda financiera de Visión Mundial.
12. CEMAT (Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada) Construcción de Estufas LORENA.
13. ICADA (Investigadores Científicos Asociados del Altiplano) Estación Experimental CHOQUI, Quetzaltenango, Guatemala. Construcción de Estufas LORENA.

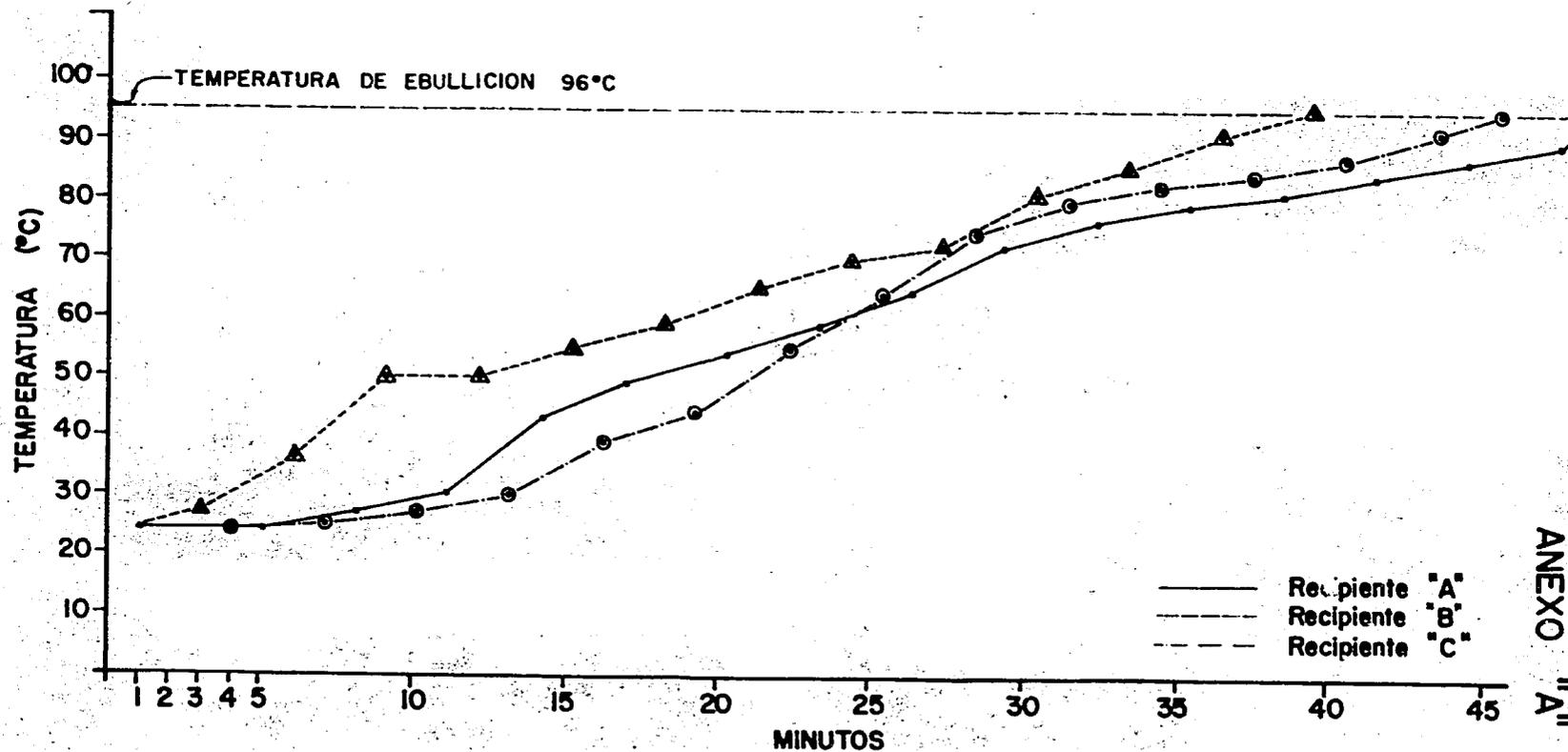
14. ICE. Almanac. Technical Assistance for Peace Corps Volunteers.
15. ATPVA. Lorena. Owner-Built Stoves by Ianto Evans. January 1979. A publication of the Appropriate Technology Project of Volunteers in Asia.
16. Shelton Wood Energy Research, P. O. Box 5 235, Santa Fe N. M. 87502.
17. Appropriate Technology Development Association, P. O. Box 311, Gandhi Bhawan, Lucknow 226001, U. P. India.
18. Institute of Mining and Technology. The Quantitative Aspects of a Wood Fuel Economy in New Mexico. Department of Chemistry, New Mexico Institute of Mining and Technology. Socorro, New Mexico, U. S. A., September 1978.
19. University of Minnesota. Heating the Home with Wood. Agricultural Extension Service.
20. The Woodburners Encyclopedia. Vermont Crossroads Press, Waitsfield, Vermont, U. S. A.
21. VITA/ITDG. Wood Conserving Cook Stoves. A design guide. VITA/ITDG Publication 1980.
22. Monachino, James S. Report on Appropriate Technology Development in Central America. March 1979. Guatemala.
23. Prasad, K. Krishna. Some Performance Tests on Openfires and the Family Cooker. Department of Applied Physics. Technical University of Eindhove, The Netherlands.
24. Knowland, William E. Better Stoves and Forests in Indonesia. Institute of Current World Affairs, Hanover, New Hampshire 03755, U. S. A.
25. GATE. Smokeless Cookers for Rural Areas. German Appropriate Technology Exchange, 1977.
26. National Academy of Sciences, National Research Council, 2101 Constitution Ave. Washington, D. C., 20418, U. S. A.

ANEXOS

65

FOGATA ABIERTA 1980-06-16 PROCEDIMIENTO No. 1

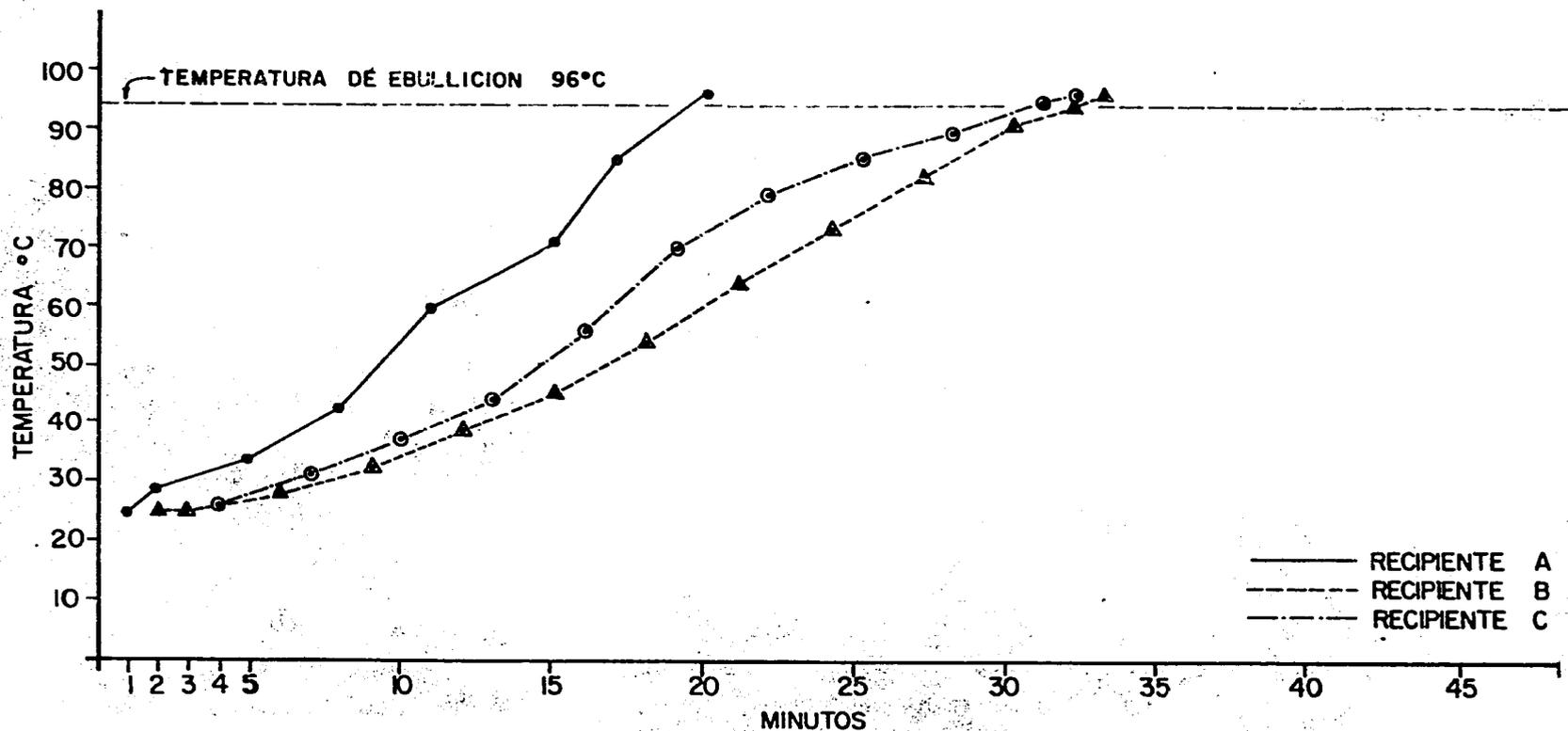
CONDICIONES: con control, agregando leña cuando se estimó necesario, se mantuvo hirviendo el agua de un recipiente durante una hora. Se dejaron los recipientes en la estufa hasta que se extinguió la llama.



GRAFICA No.A-1

ESTUFA LORENA 1980-06-16 PROCEDIMIENTO No. 1

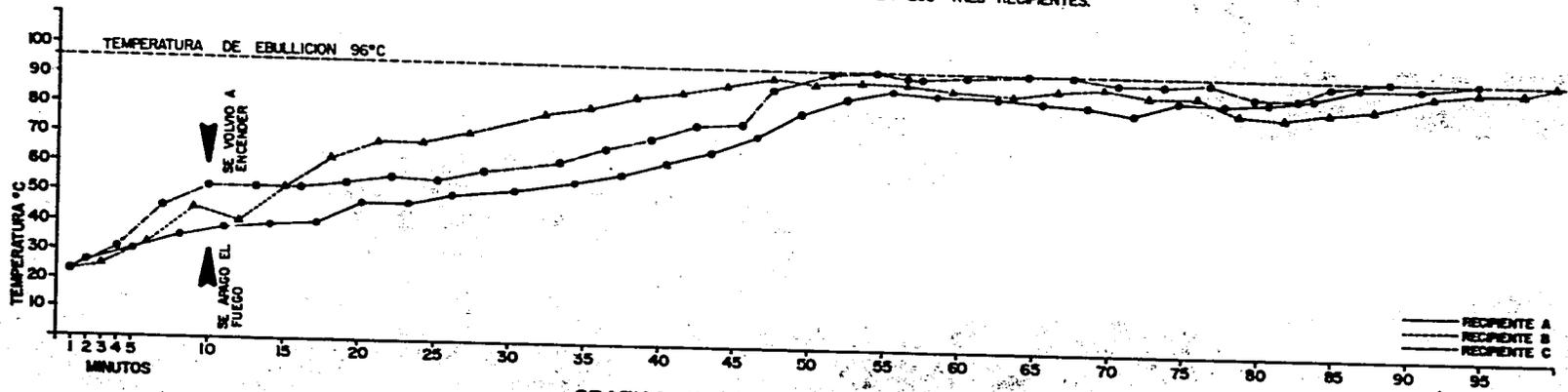
CONDICIONES: con control, agregando leña cuando se estimó necesario, se mantuvo hirviendo el agua de un recipiente durante una hora. Se dejaron los recipientes en la estufa hasta que se extinguió la llama.



GRAFICA No. A-2

POBATA ABIERTA 1980-06-17 PROCEDIMIENTO No. 2

CONDICIONES: SE EMPLEARON LAS COMPUERTAS PARA REGULAR EL TIRO. SE AGREGO LEÑA PARA LOGRAR EBULLICION EN LOS TRES RECIPIENTES Y LUEGO, SOLO CUANDO FUE NECESARIO PARA MANTENER EL AGUA HIRVIENDO DURANTE UNA HORA EN LOS TRES RECIPIENTES.

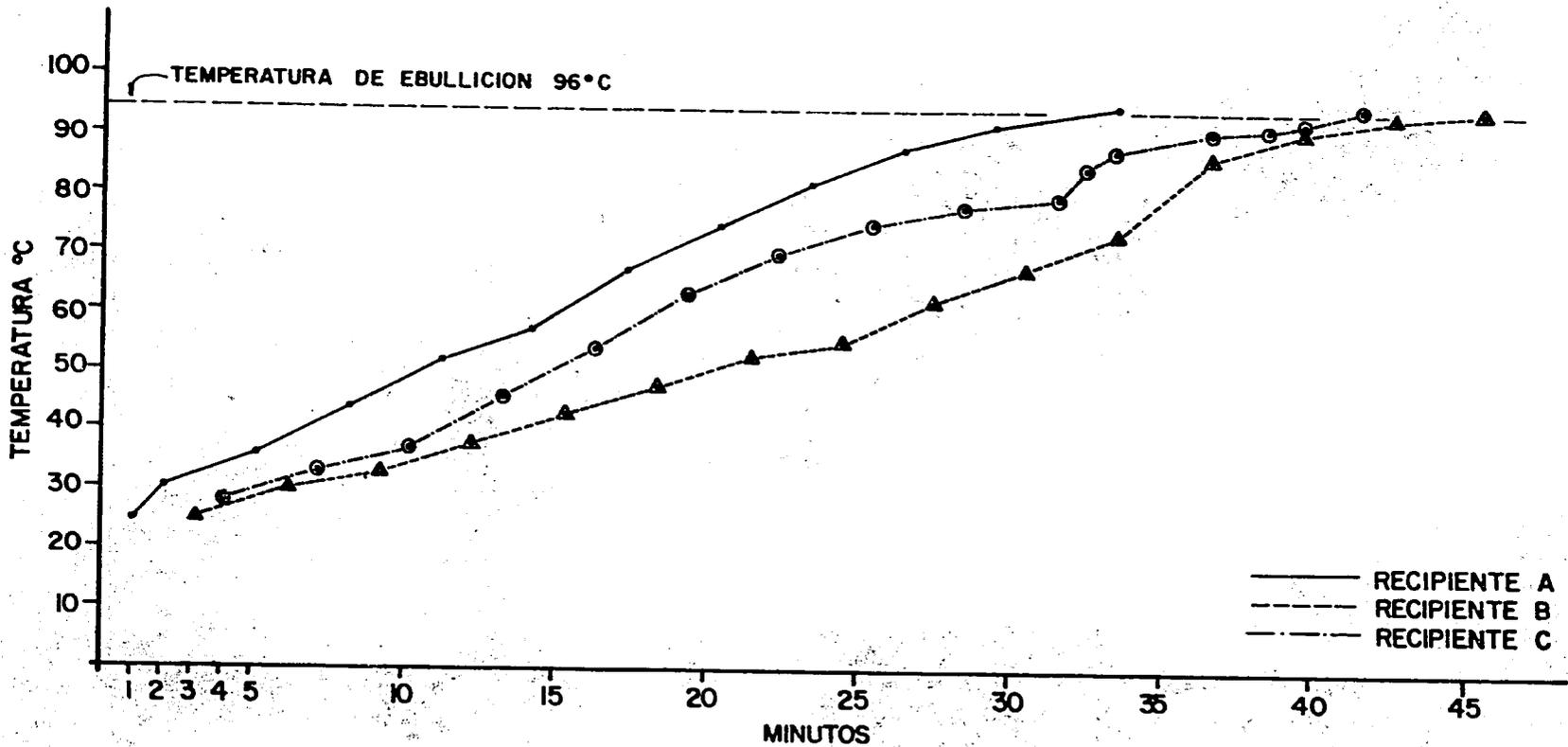


GRAFICA No. A-3

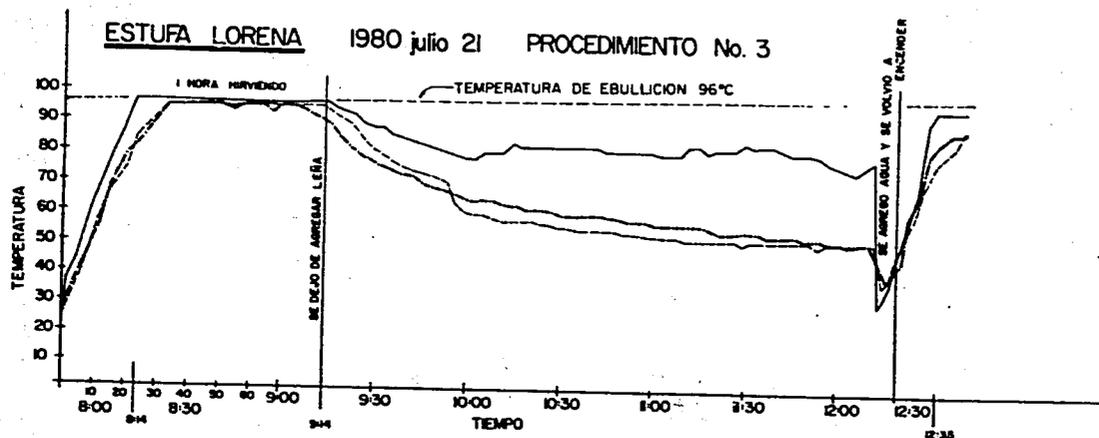
19

ESTUFA LORENA 1980-06-08 PROCEDIMIENTO No. 2

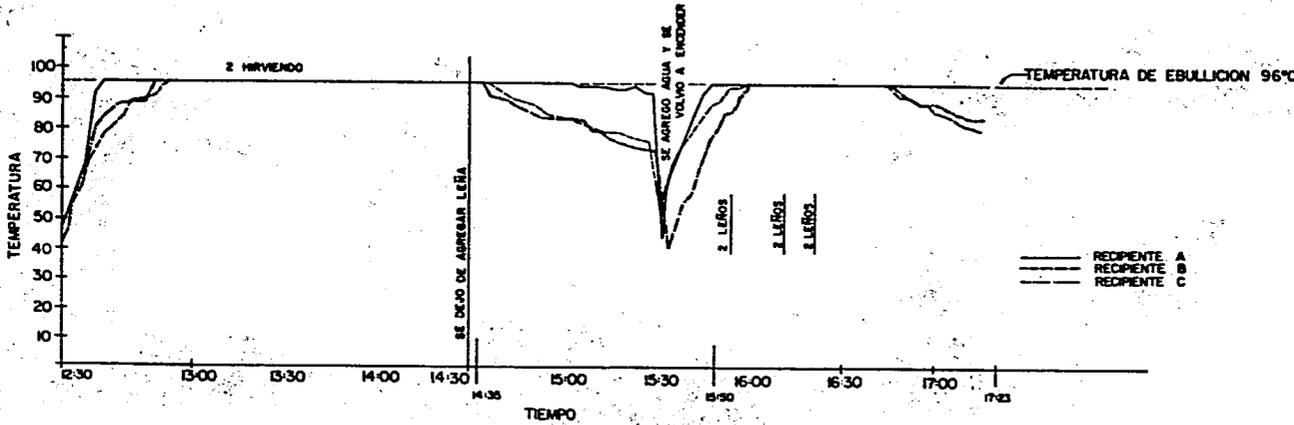
CONDICIONES: SE EMPLEARON LAS COMPUERTAS PARA REGULAR EL TIRO. SE AGREGO LEÑA PARA LOGRAR EBULLICION EN LOS TRES RECIPIENTES Y LUEGO, SOLO CUANDO FUE NECESARIO PARA MANTENER EL AGUA HIRVIENDO DURANTE UNA HORA EN LOS TRES RECIPIENTES.



GRAFICA No. A-4



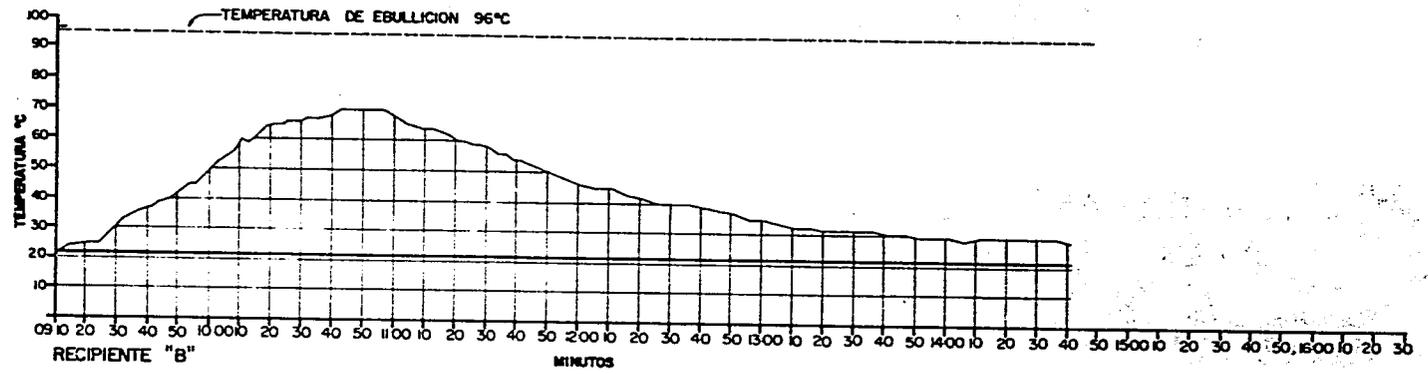
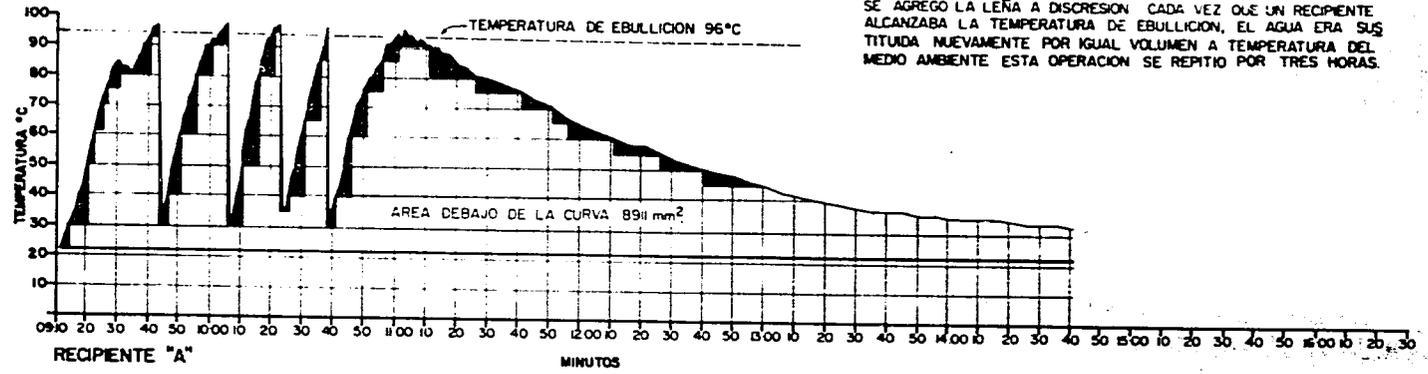
SE AGREGO LEÑA HASTA QUE HIRVIERA EL RECIENTE "A" Y SE CONSERVARON ESTAS CONDICIONES DURANTE UNA HORA. LUEGO SE DEJO DE AGREGAR LEÑA Y SE DEJARON LOS TRASTOS EN SU LUGAR, MIENTRAS SE ENFRIABAN. LUEGO DE CIERTO TIEMPO SE REPITIO EL MISMO CICLO DOS VECES MAS.



GRAFICA No. A-6

FOGATA ABIERTA 1980-7-30 PROCEDIMIENTO No. 4

CONDICIONES
 SE AGREGO LA LEÑA A DISCRECION CADA VEZ QUE UN RECIENTE
 ALCANZABA LA TEMPERATURA DE EBULLICION, EL AGUA ERA SUS
 TITUDA NUEVAMENTE POR IGUAL VOLUMEN A TEMPERATURA DEL
 MEDIO AMBIENTE ESTA OPERACION SE REPITIO POR TRES HORAS.



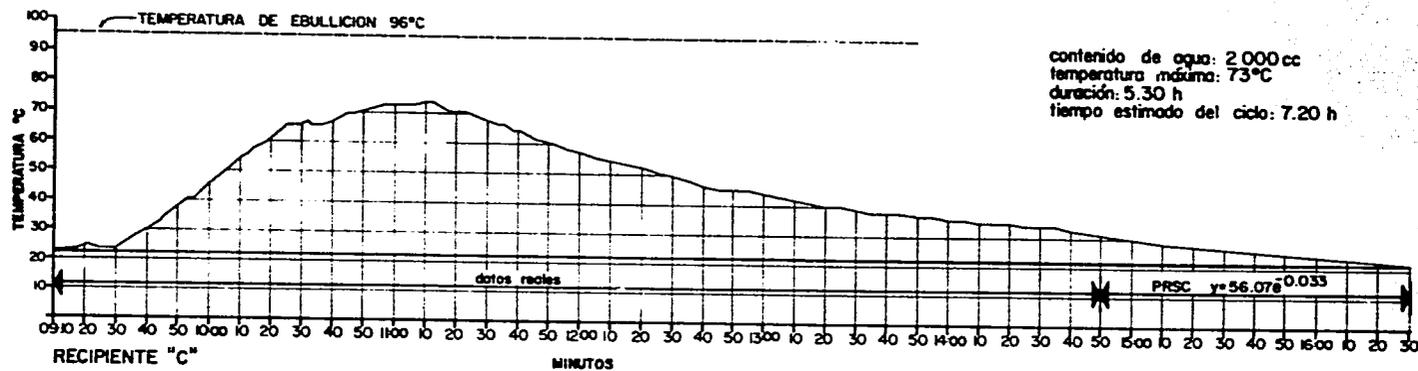
GRAFICA No. A-7

22

FOGATA ABIERTA
(CONTINUACION)

1980 - 7 - 30

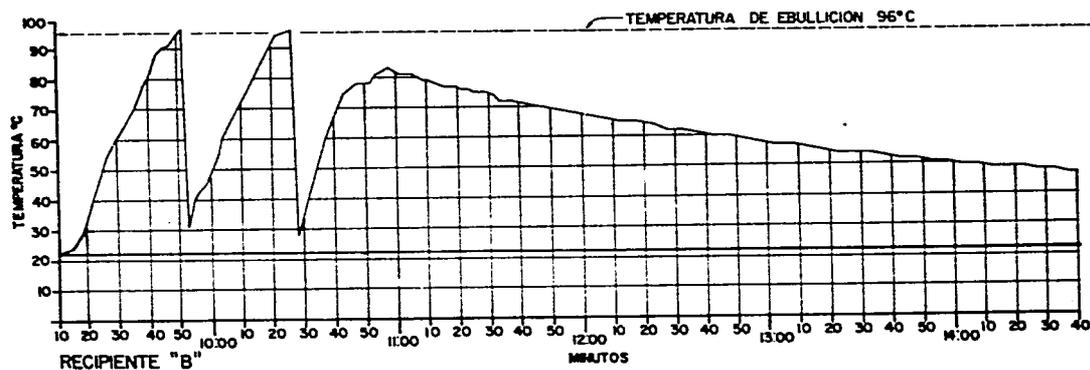
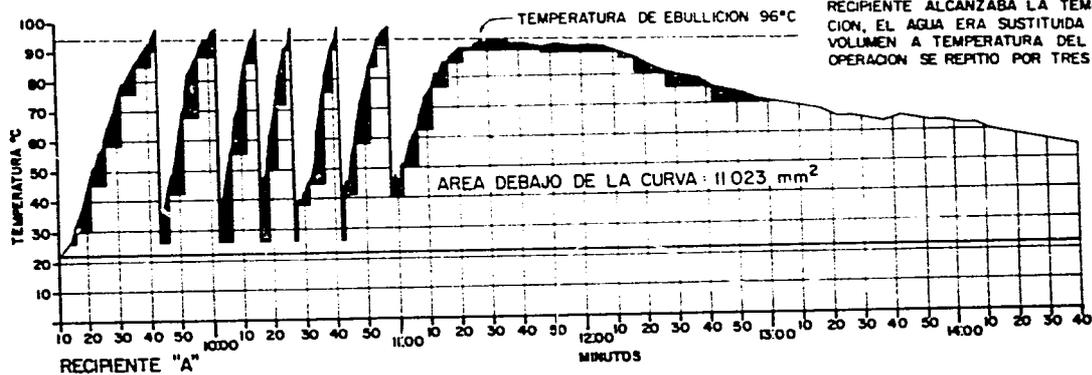
PROCEDIMIENTO No. 4



GRAFICA No. A-8

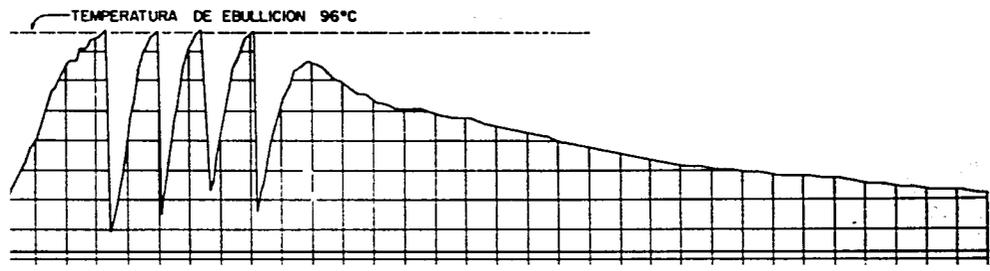
ESTUFA LORENA 1980-7-30 PROCEDIMIENTO No. 4

CONDICIONES:
SE AGREGO LA LEÑA A DISCRECION. CADA VEZ QUE UN
RECIPIENTE ALCANZABA LA TEMPERATURA DE EBULLI-
CION, EL AGUA ERA SUSTITUIDA NUEVAMENTE POR IGUAL
VOLUMEN A TEMPERATURA DEL MEDIO AMBIENTE ESTA
OPERACION SE REPITIO POR TRES HORAS.



GRAFICA No. A-9

TUFA LORENA 1980-7-30 PROCEDIMIENTO
(CONTINUACION)

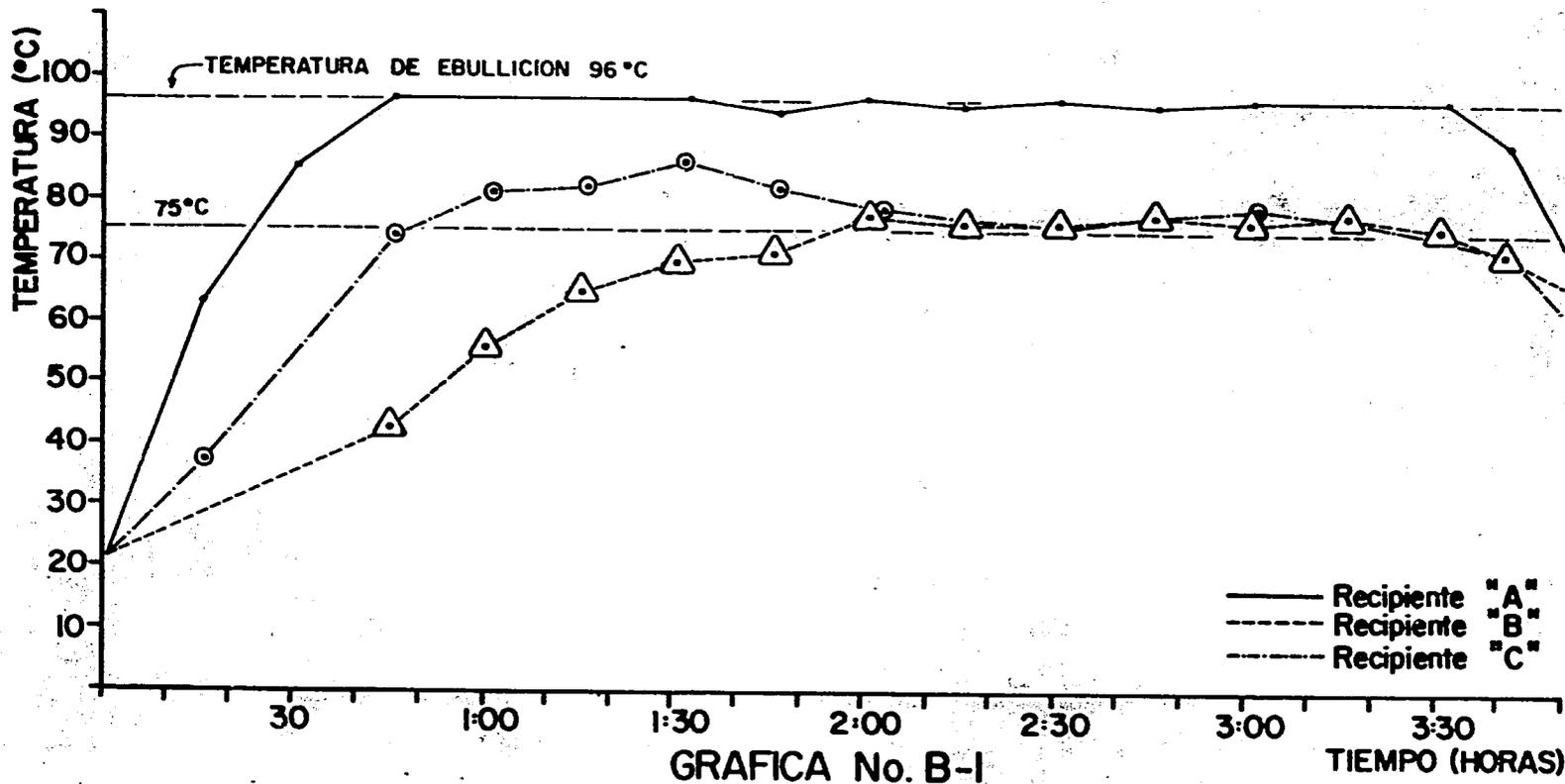


5

FOGATA ABIERTA 1 980-09-01

CONDICIONES: Agregando un leño cada 15 minutos.
Peso total: 6 284 gramos.

PRUEBA



NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

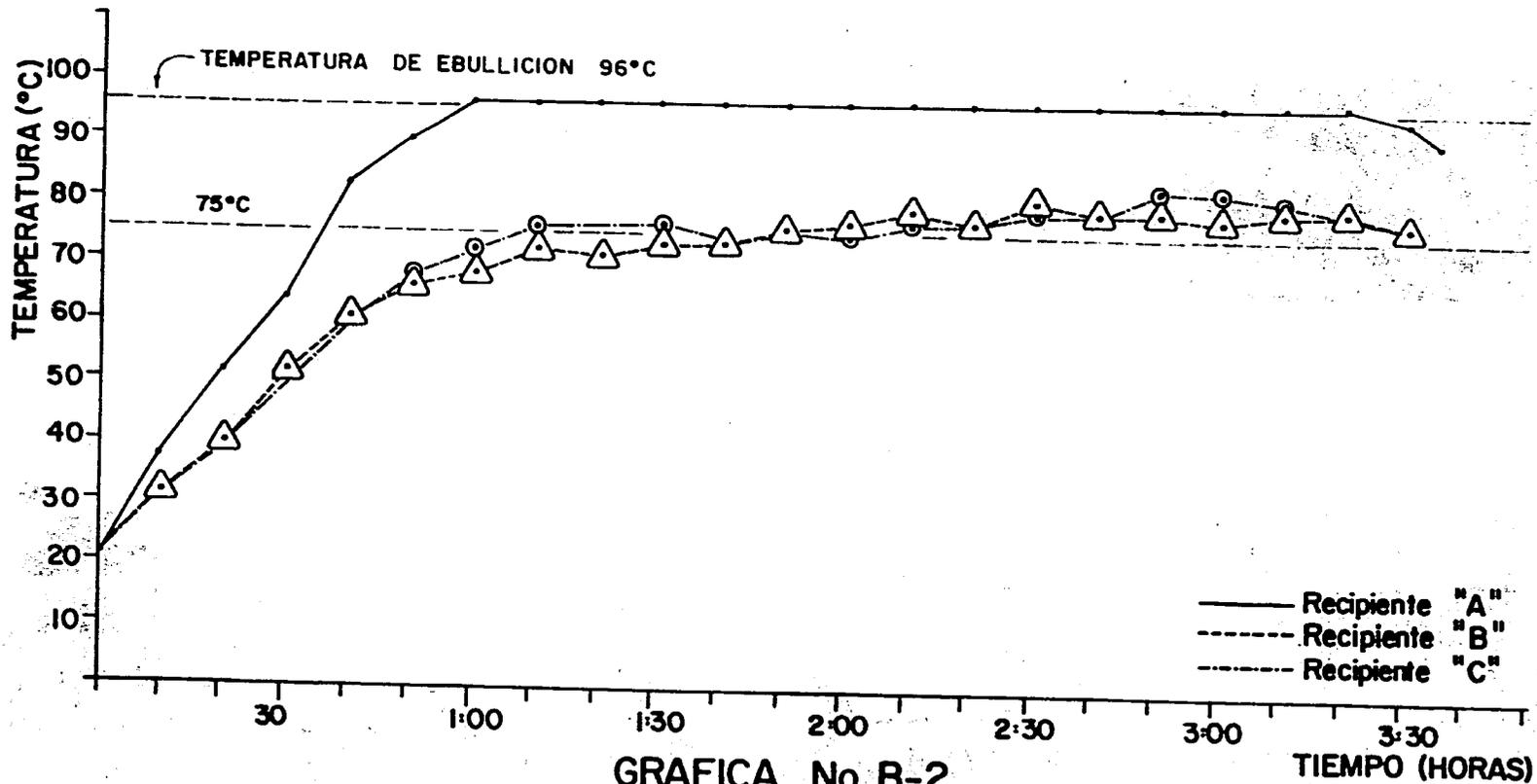
ANEXO "B"

ESTUFA LORENA 1980-09-09

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 20 minutos.

Peso total: 49 926 gramos.

PRUEBA I



GRAFICA No. B-2

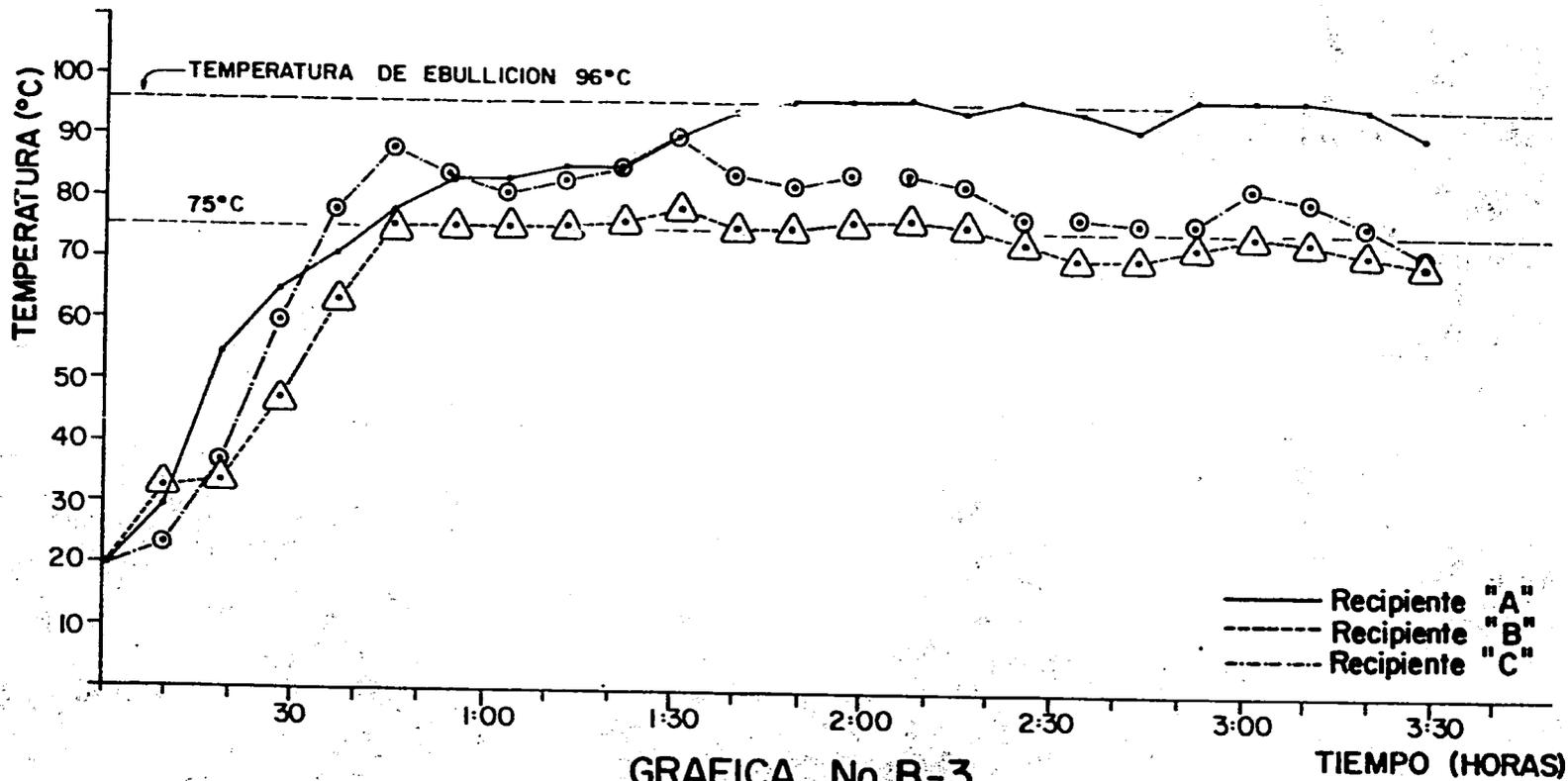
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

FOGATA"U" 1 980-09-19

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 18 minutos durante 3 horas. (leño 400 ± 20 gramos).
Peso total: 5 476 gramos.

PRUEBA



GRAFICA No. B-3

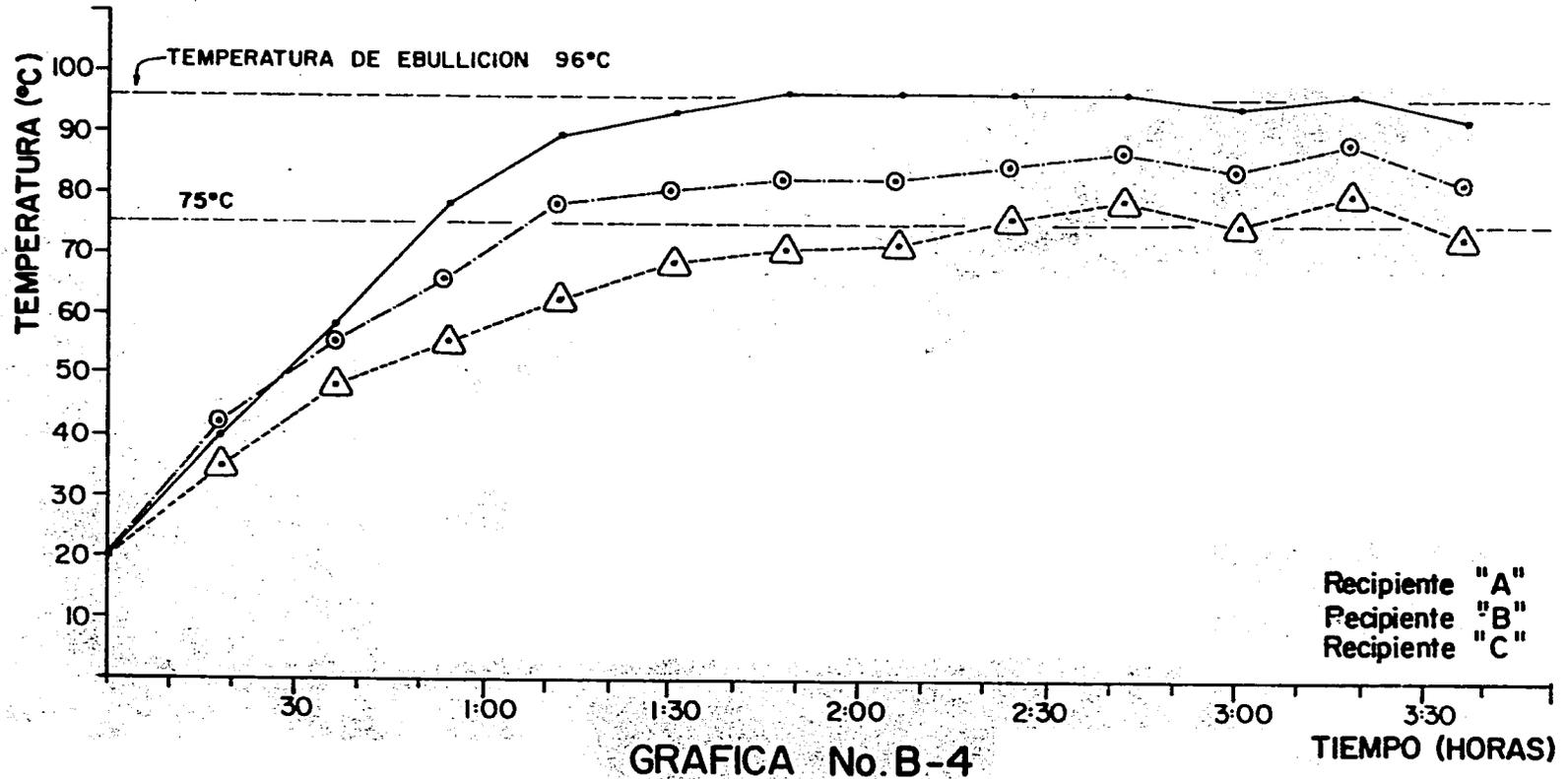
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

ESTUFA GHANA 1980-09-22

CONDICIONES: Agregar un leño cada 18 minutos durante 3 horas. (leño 360 ± 20 gramos).
Peso total: 4826 gramos.

PRUEBA I

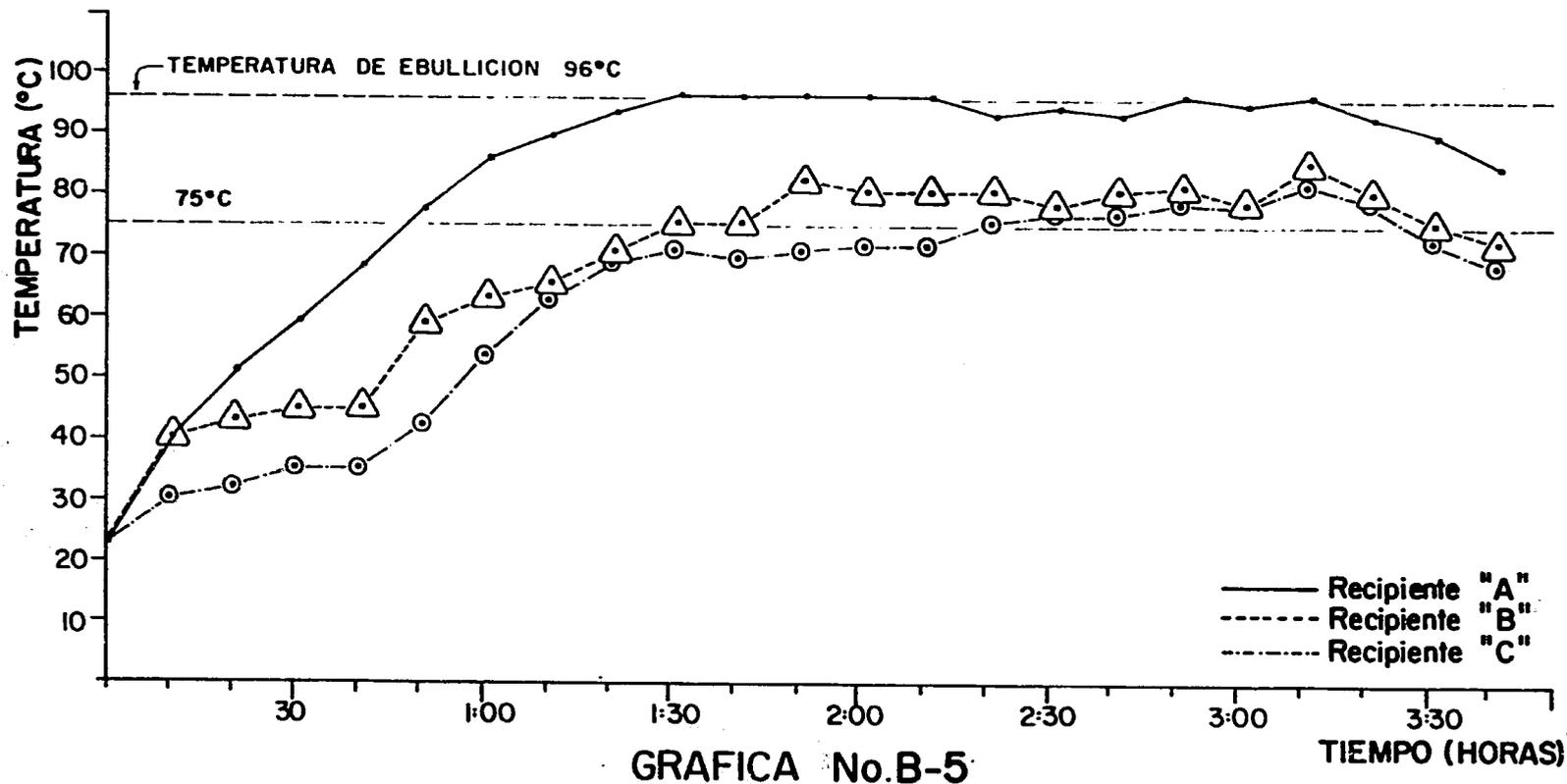


NOTAS: Ver Sección 4.2 Ver Cuadro 2

ESTUFA CHOCOLA 1980-09-17

CONDICIONES: agregar 1 leño cada 20 minutos durante 3 horas. (leño 320 ± 20 gramos)
Peso total: 3980 gramos.

PRUEBA I



NOTAS: Ver Sección 4.2

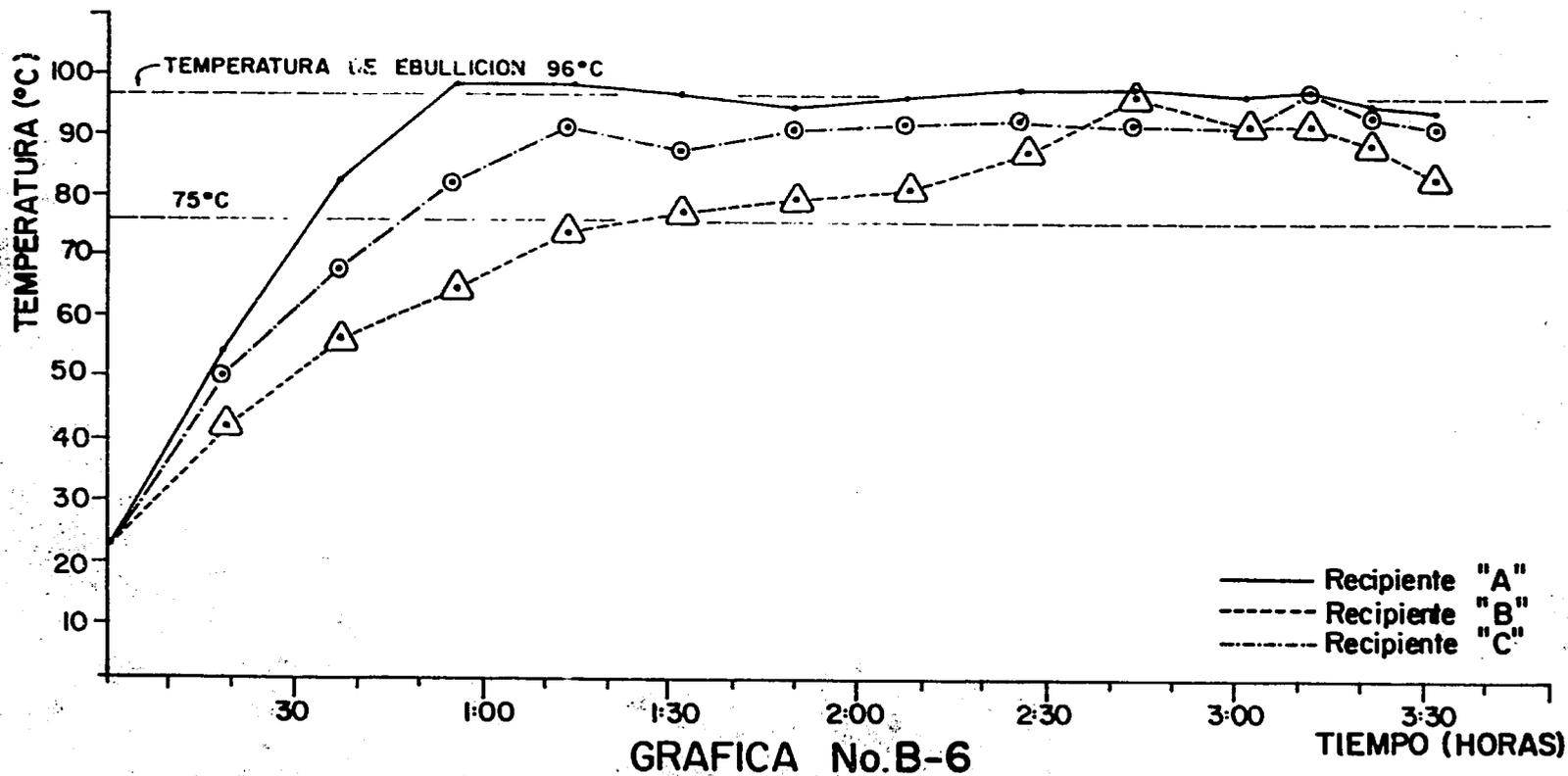
Ver Cuadro 2

ESTUFA DE PESPIRE 1980-09-30

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 18 minutos. (leño 480 ± 20 gramos)

Peso total: 6 352 gramos.

PRUEBA I



GRAFICA No. B-6

NOTAS: Ver Sección 4.2

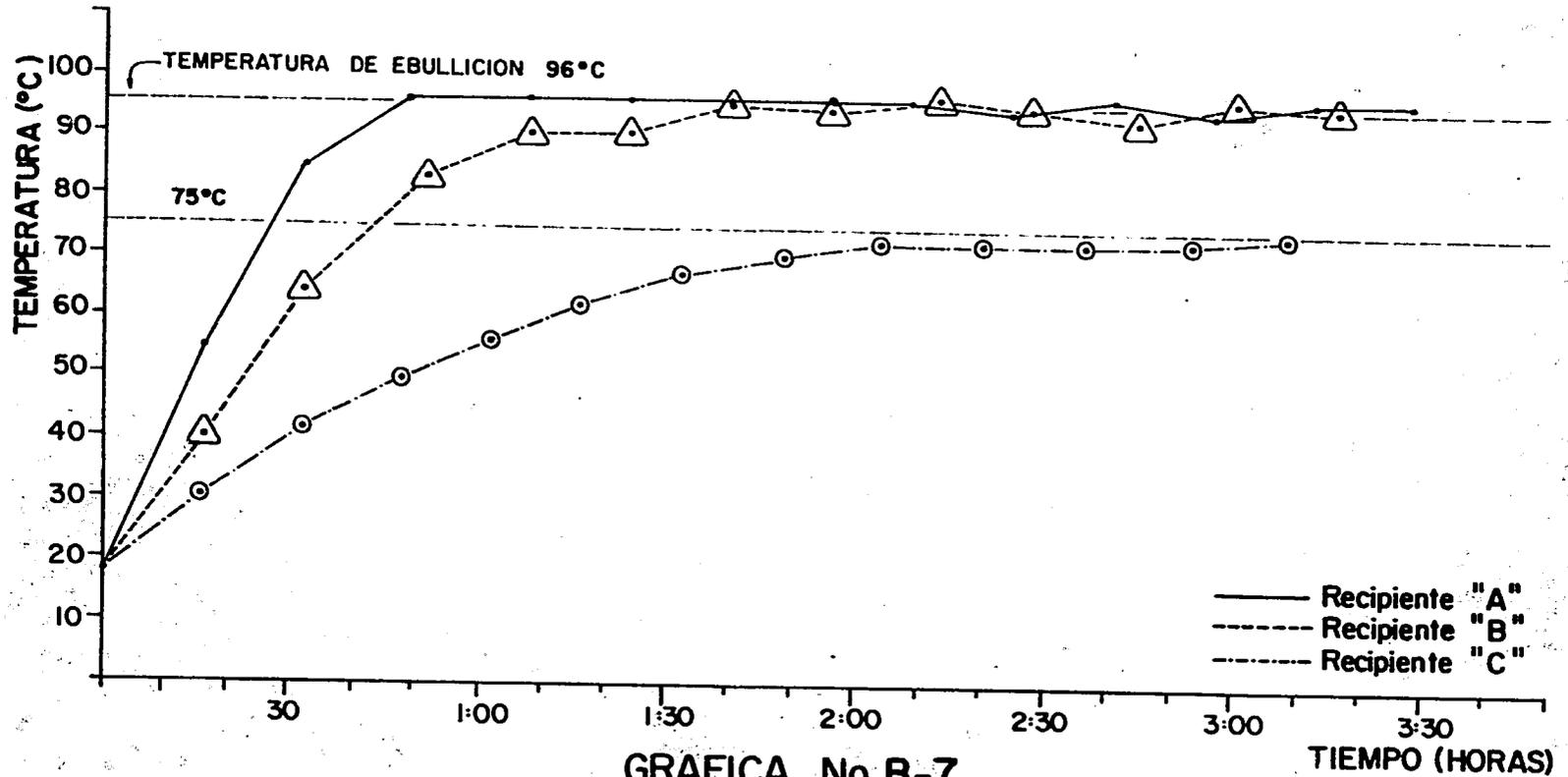
Ver Cuadro 2

ESTUFA SINGER 1981-01-09

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 16 minutos. (leño 380 ± 20 gramos).

Peso total: 5 538 gramos.

PRUEBA I



NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

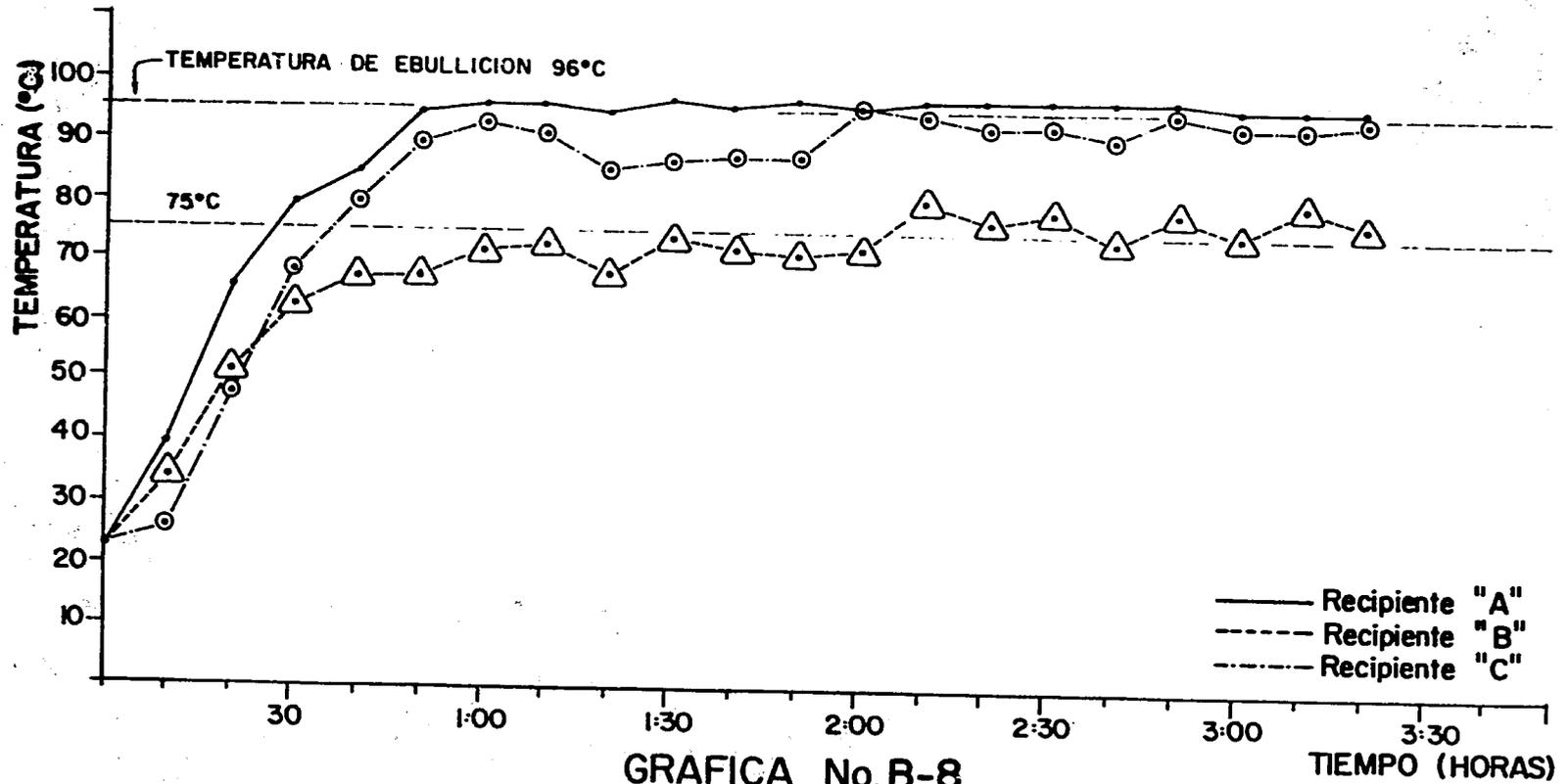
25

ESTUFA DE BLOCKS 1981-05-26

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 20 minutos. (leño 400 +20 gramos)

Peso total: 4870 gramos.

PRUEBA I



GRAFICA No. B-8

NOTAS: Ver Sección 4.2

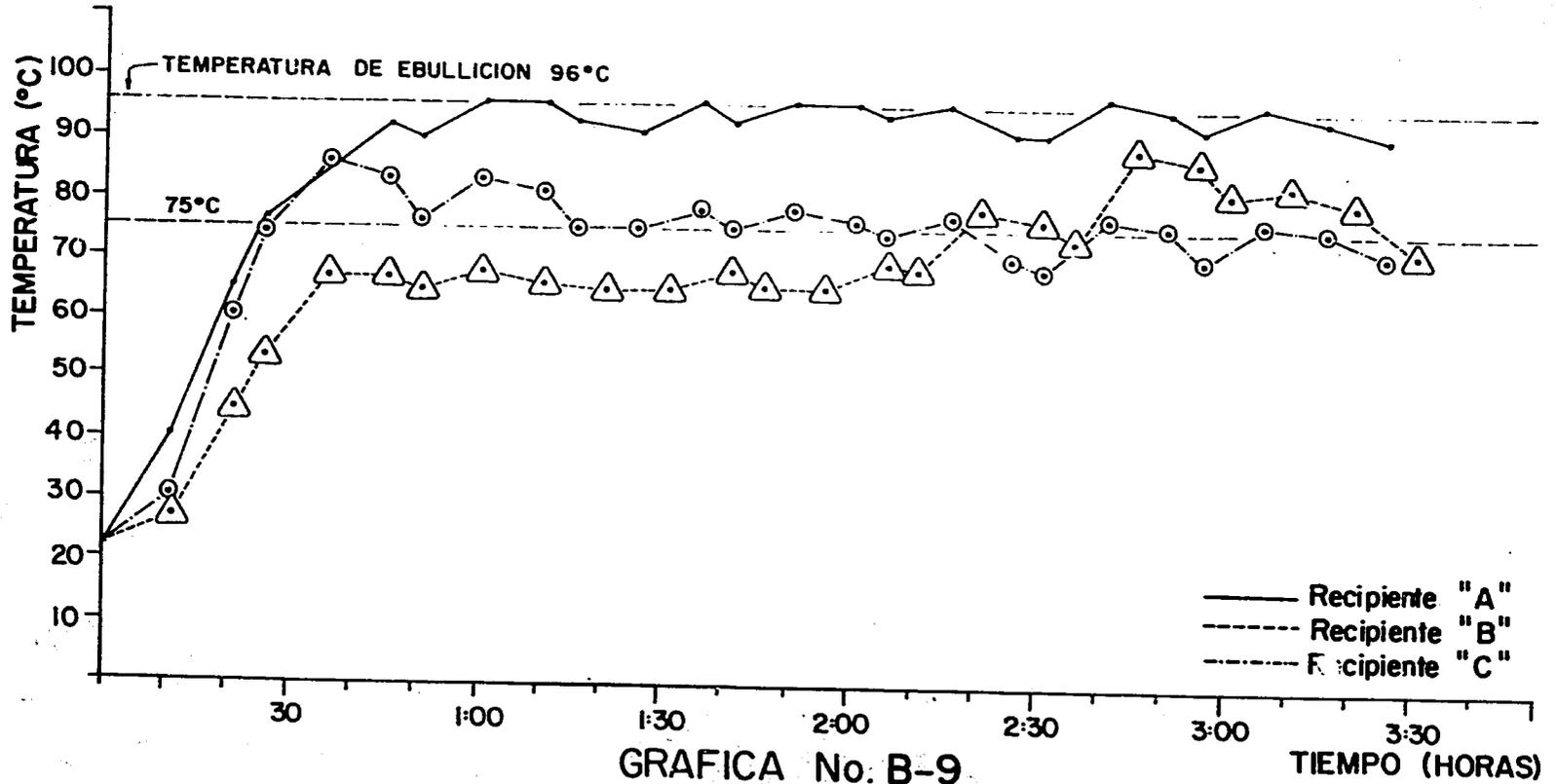
Ver Cuadro 2

ESTUFA DE ADOBE 1981-06-12

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 25 minutos (leño 480 + 20 gramos)

Peso total: 4740 gramos.

PRUEBA I



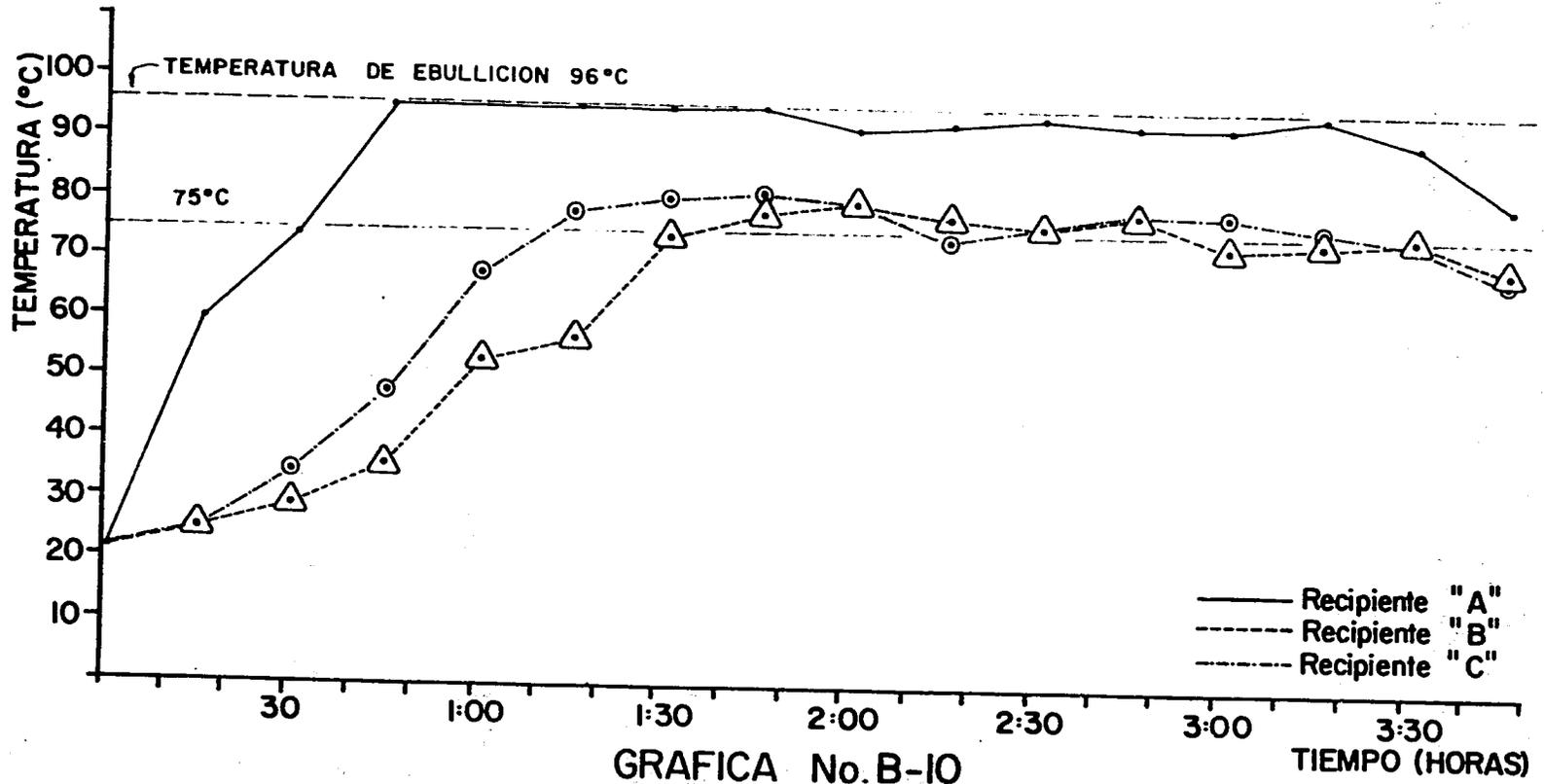
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

FOGATA ABIERTA 1 980-09-09

CONDICIONES: Añadir un leño cada 15 minutos, durante 3 horas
Peso total: 6 172 gramos.

PRUEBA 2



NOTAS: Ver Sección 4.2

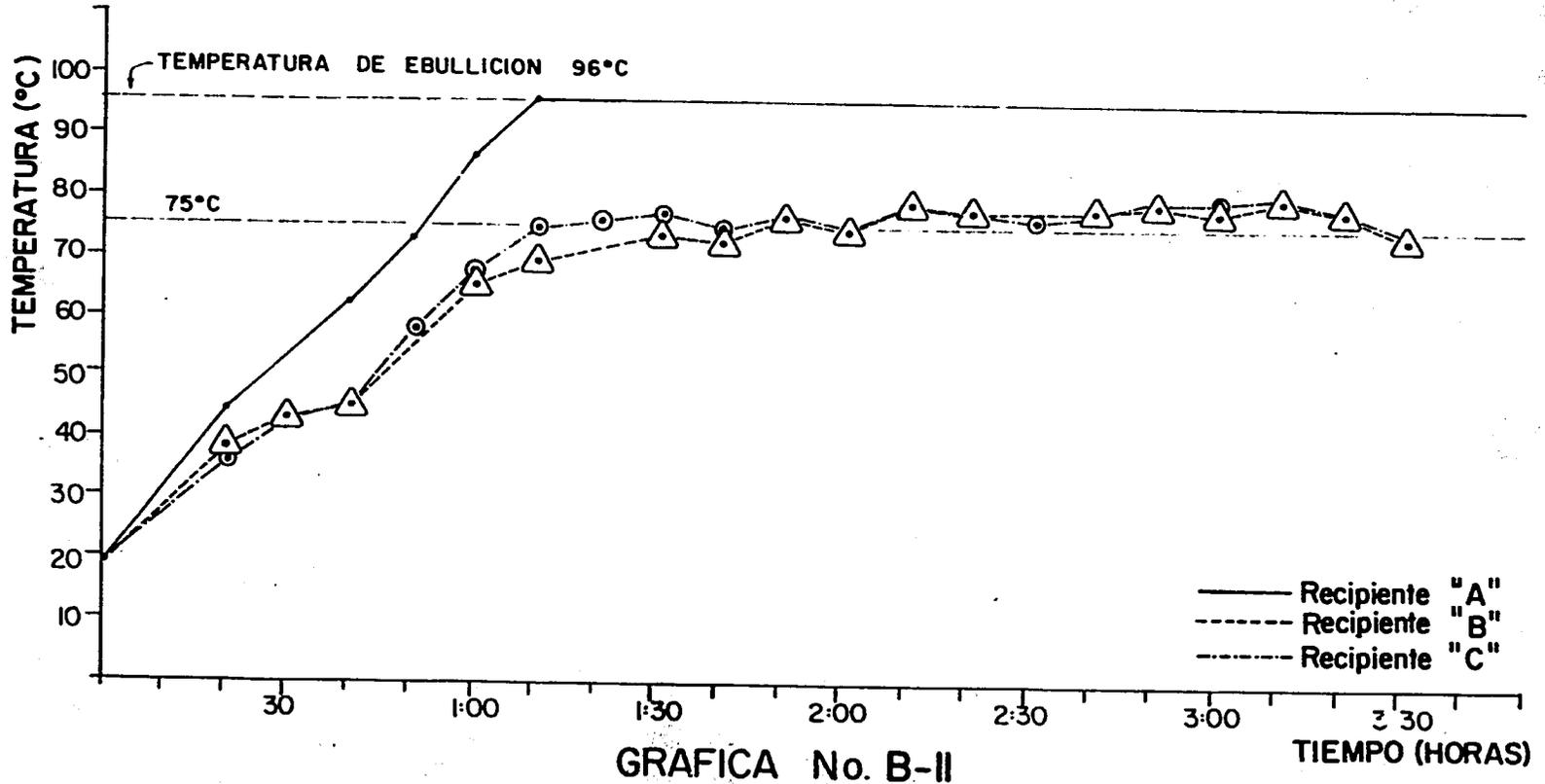
Ver Cuadro 2

GRAFICA No. B-10

ESTUFA LORENA 1 980-09-03

CONDICIONES: agregar un leño cada 20 minutos.
Peso total: 4 954 gramos.

PRUEBA 2



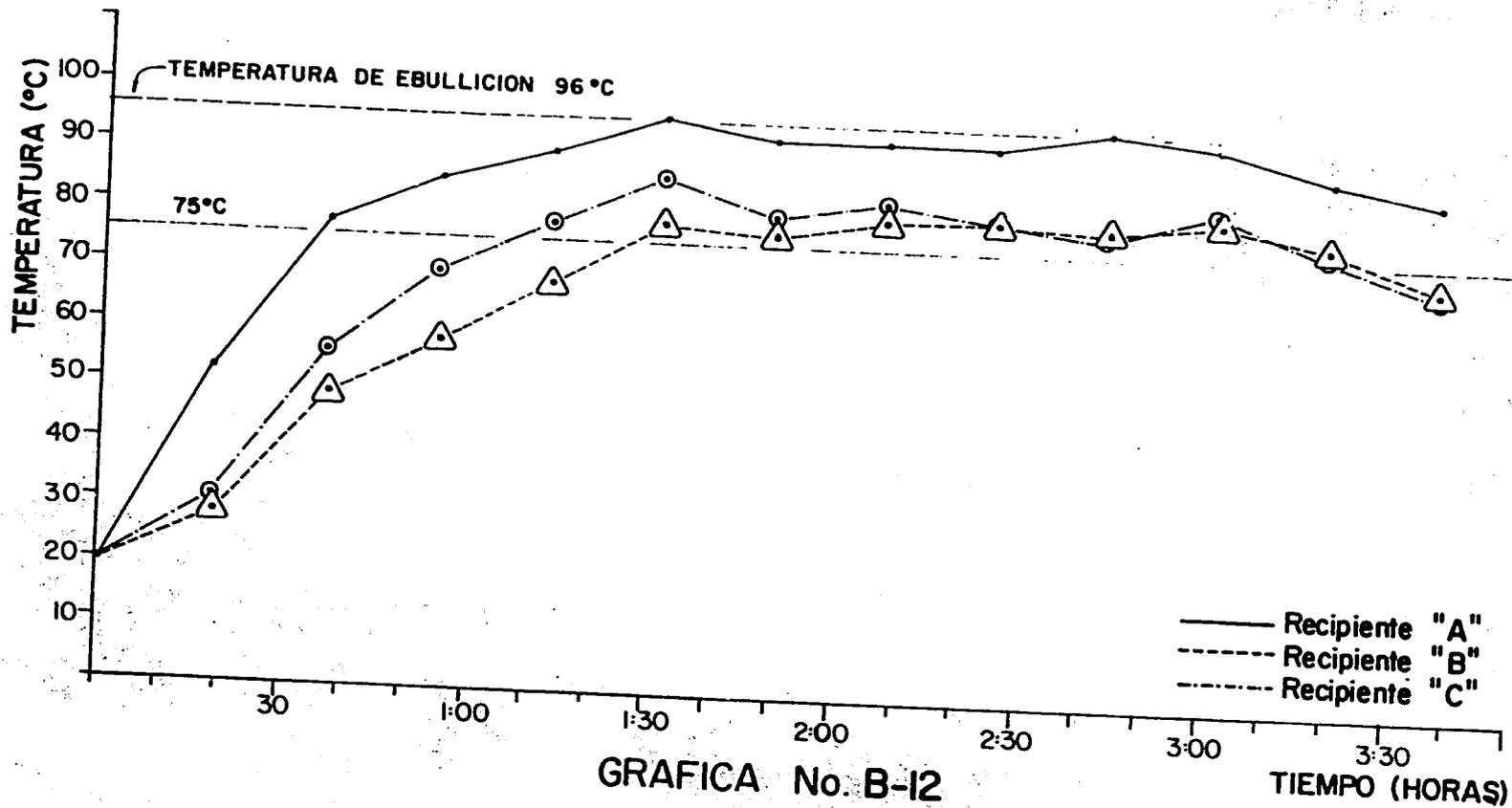
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

FOGATA EN "U" 1980-09-22

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 18 minutos durante 3 horas. (leño 400 + 20 gramos).
Peso total: 5 274 gramos.

PRUEBA 2



GRAFICA No. B-12

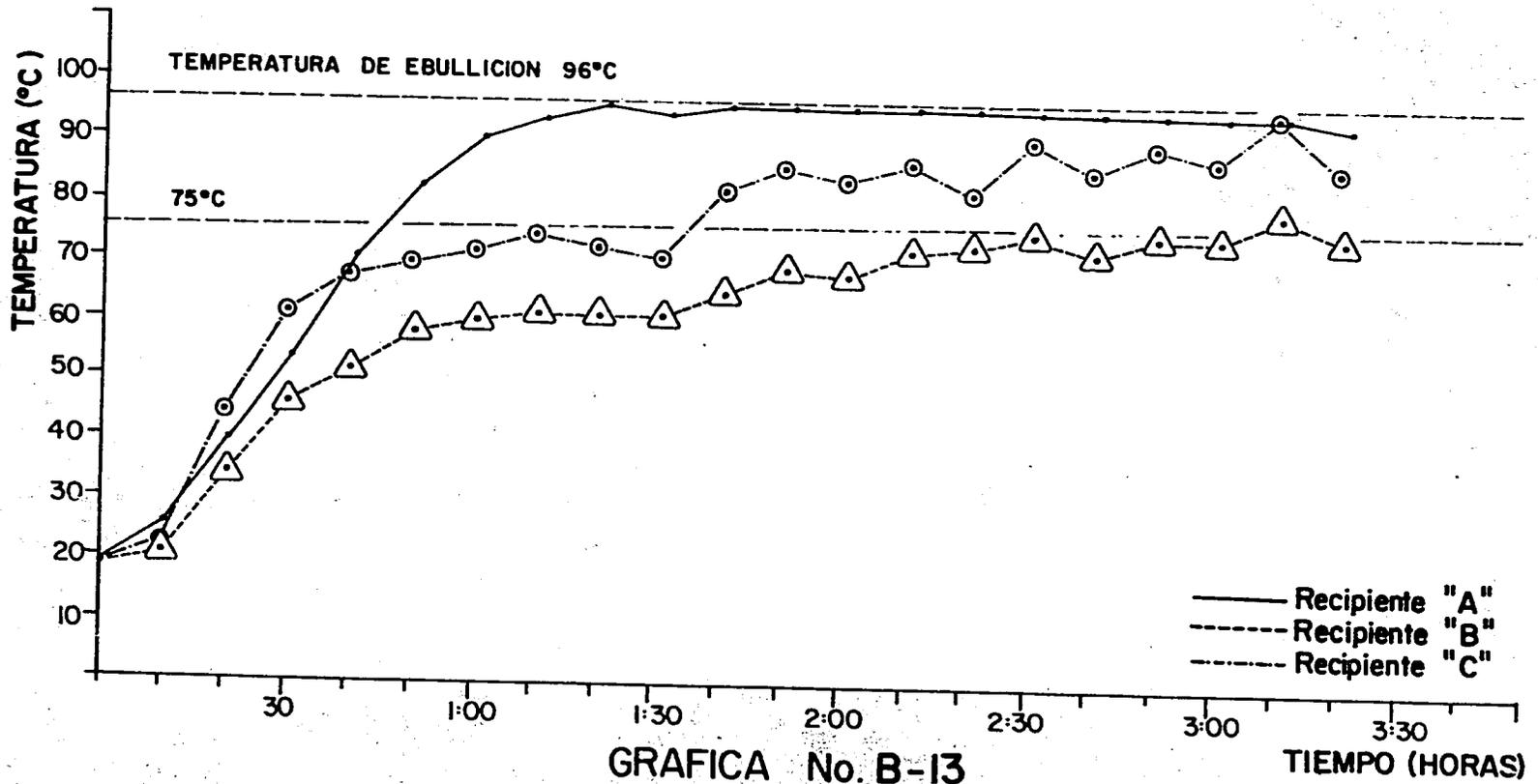
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

ESTUFA GHANA 1980-09-24

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 20 minutos durante 3 horas. (leño 400 ± 20 gramos).
Peso total: 4920 gramos.

PRUEBA 2



GRAFICA No. B-13

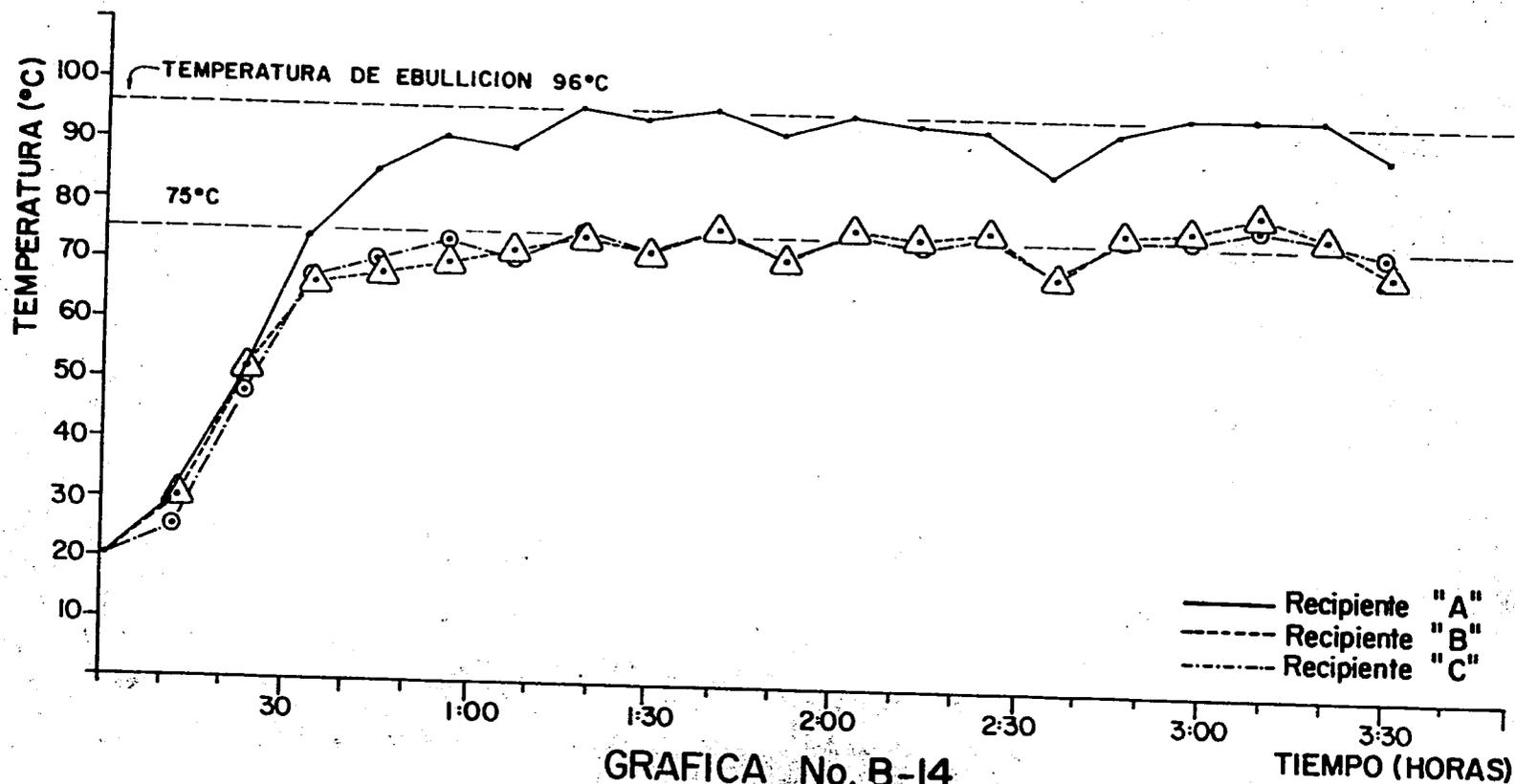
NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

ESTUFA CHOOOLA 1980-09-18

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 22 minutos (leño 350 + 20 gramos)
Peso total: 4 050 gramos.

PRUEBA 2

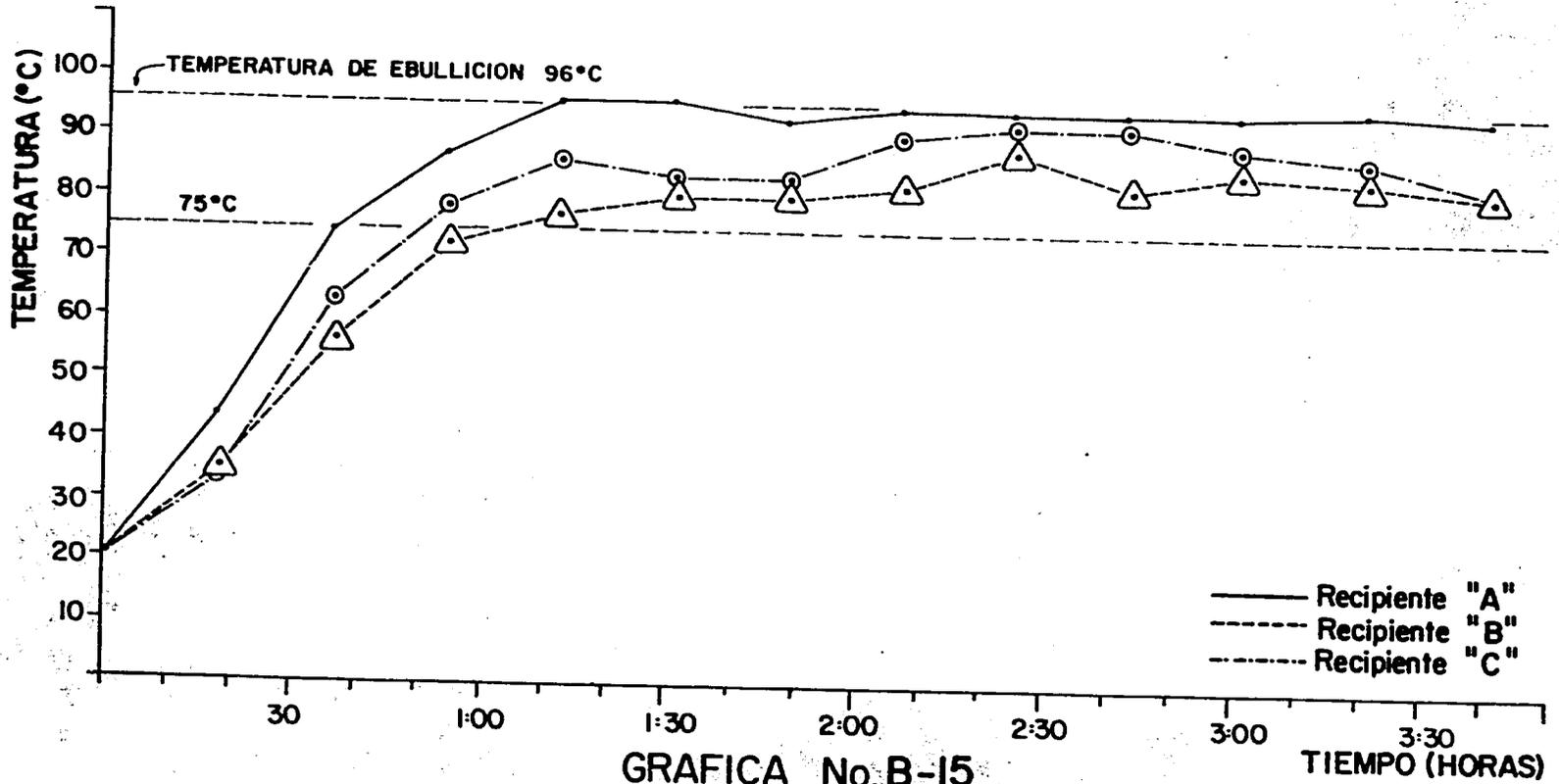


NOTAS: Ver Sección 4.2 Ver Cuadro 2

ESTUFA DE PESPIRE 1980-10-01

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 18 minutos. (leño 480 ± 20 gramos)
Peso total: 6 520 gramos.

PRUEBA 2



GRAFICA No. B-15

NOTAS: Ver Sección 4.2

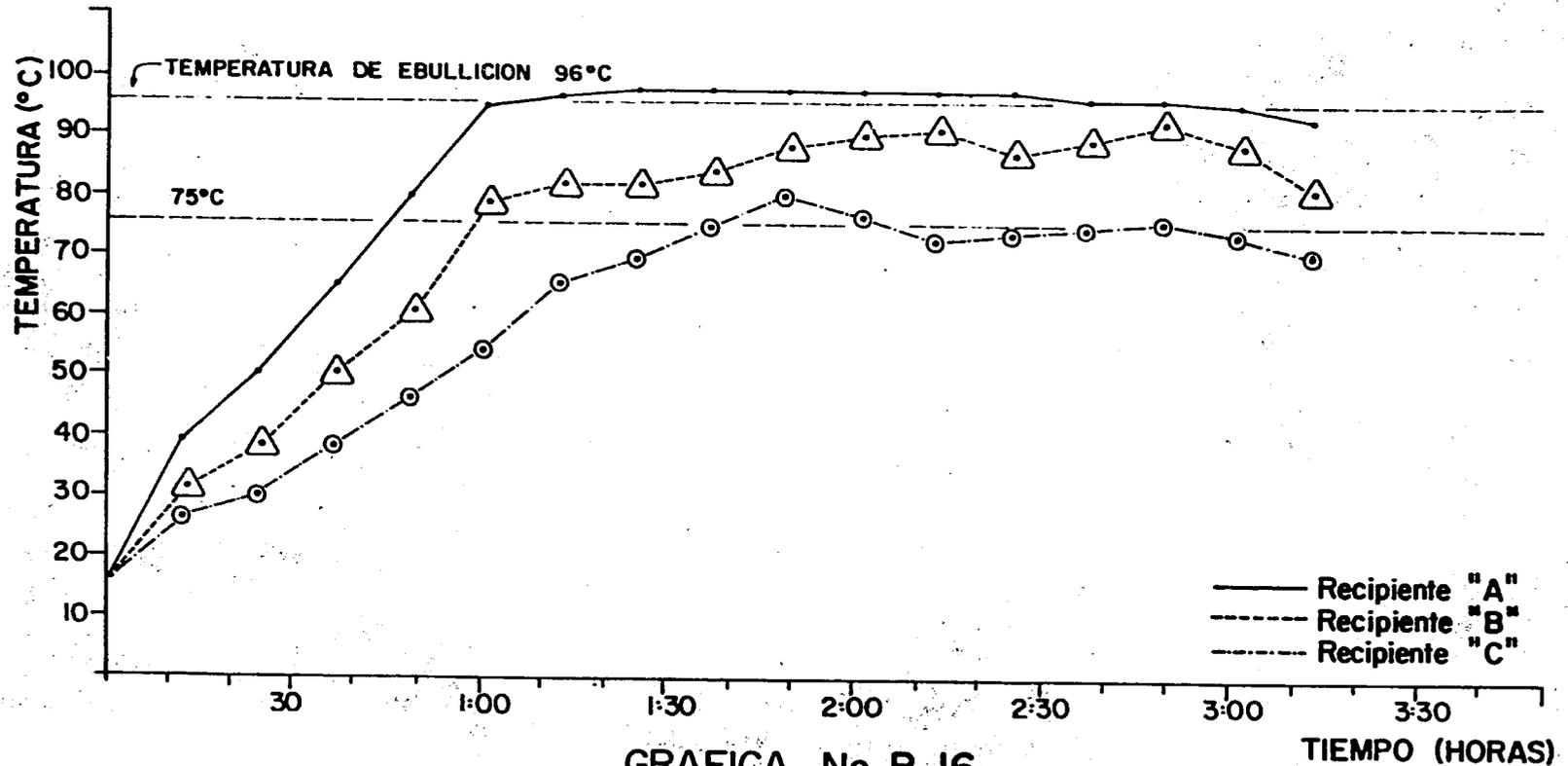
Ver Cuadro 2

ESTUFA SINGER 1981-01-06

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 12 minutos. (leño 300 ± 20 gramos)

Peso total: 5 080 gramos.

PRUEBA 2



GRAFICA No. B-16

NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

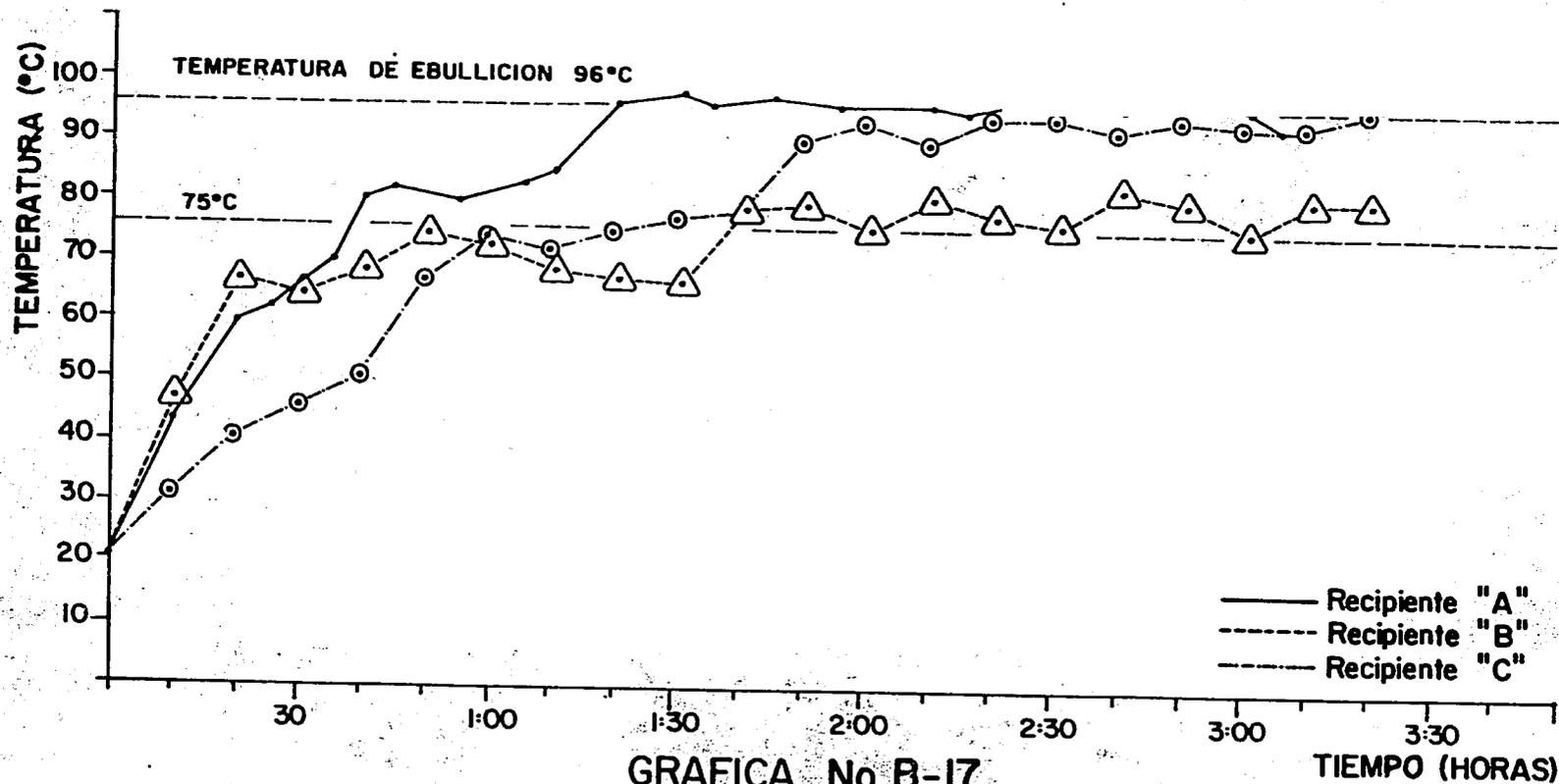
91

ESTUFA DE BLOCKS 1981-06-11

CONDICIONES: agregar 1 leño cada 25 minutos. (leño 480 ± 20 gramos)

Peso total: 4715 gramos.

PRUEBA 2



NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

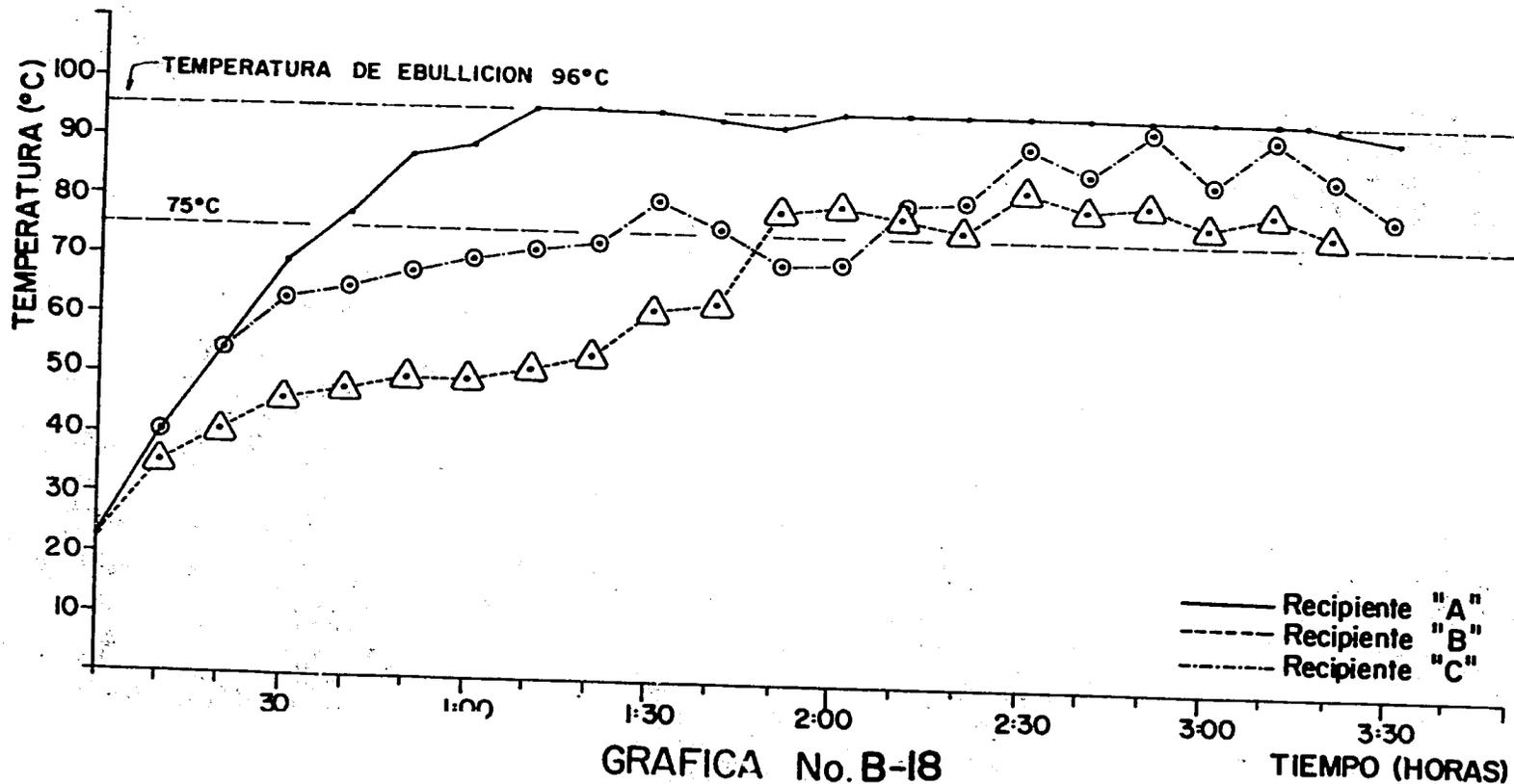
no

ESTUFA DE ADOBE 1981-06-12

CONDICIONES: Agregar 1 leño cada 20 minutos. (leño 400 ± 20 gramos)

Peso total: 4 648 gramos.

PRUEBA 2



NOTAS: Ver Sección 4.2

Ver Cuadro 2

CONTENIDO DE LAS OBSERVACIONES DE LAS COCINERAS

PRIMERA SEMANA

Señora Cucul Caal:

1. Se requiere más cantidad de calor al principio del cocimiento de alimentos cuando se usan recipientes de barro, que cuando se usan recipientes de metal.
2. En la estufa Lorena, quedó después de tortear (última operación en esta estufa), suficiente calor para hacer otra comida, por ejemplo, hornear un pollo.
3. En las estufas con tres hornillas se puede aprovechar mejor el calor; pero cuando se tiene que dejar una hornilla libre, por ejemplo en el desayuno, se presentan dificultades.
4. La estufa Lorena se retarda al hervir agua, porque escapa calor por las hornillas donde el recipiente no cierra bien el agujero de la hornilla. Mientras se hacen tortillas en la hornilla principal (A) puede mantenerse calientes otros alimentos, como sopa y arroz.
5. Con 1.7 kilogramos de leña hace 1.8 kilogramos de tortillas en su casa que es más de lo que consume la Lorena para el mismo trabajo, por lo que considera que la estufa Lorena es bastante económica.
6. Cree que en la Chula no se utiliza bien el flujo del calor, pues el café tardó mucho en estar listo (85 minutos). Además tuvo dificultad en prender el fuego y se ha cansado más que en otros días, debido a que está construida sobre el suelo.
7. En la estufa Ghana también tuvo dificultad para hervir el café. Tuvo que estar cambiando de hornillas para aprovechar el calor en mejor forma.

8. En la estufa de Adobes, primera prueba: no hirvió el agua para el café. No llega en buena forma el calor a las otras hornillas.

SEGUNDA SEMANA

Señora Alejandra de Pérez

1. En la estufa Ceta II, la plancha tiene varias utilidades, como: calentar tortillas, asar carne, mantener calientes otros alimentos. Le ha agradado cocinar en la Ceta II porque no hace mucho humo; también mientras se cocía la sopa, ha aprovechado para hacer las tortillas sobre la plancha.
2. Con la estufa Lorena logró aprovechar el calor que sale de las hornillas, para calentar agua.
3. En la Ghana y también en la Lorena, el comal de barro (colocado en la hornilla principal) no se calienta en los bordes; considera que debe ajustarse esta hornilla al tamaño del comal que se use. Encontró agradable cocinar en estas estufas.
4. Estufa Senegal: Hace humo, y se escapa calor por la hornilla secundaria; el recipiente para hacer café queda holgado en esa hornilla. Tuvo que cambiar el recipiente de los frijoles a otra hornilla porque quedaba muy holgado en la hornilla A (principal); aún así tuvo que colocar unas cuñas de ladrillo para sostener el recipiente. Da problemas hacer el almuerzo sólo con dos hornillas. El calor no le llegaba en cantidad suficiente al comal de barro; cree que esto es porque la llama queda muy por debajo del comal (cámara de combustible muy alta).
5. Estufa Chula: Tuvo dificultad para prender el fuego; tuvo necesidad de colocar ollas con agua en todas las hornillas para evitar que escapara calor y humo. Cree que el arroz se ha hecho bien porque el calor que sale de la hornilla intermedia es menos intenso; ella cree que esta clase de comida debe hacerse con fuego manso (poco intenso).

TERCERA SEMANASeñora Ana María Cucul

1. Estufa Lorena: Por tercera vez que cocina en ella, la encuentra satisfactoria; agregó leña cuando estaba por terminar de tortear; al final de esta operación quedó bastante calor como para seguir cocinando otros alimentos.
2. Estufa de Adobes: Como el diseño de esta estufa se mejoró, la en contró mejor que la primera vez que cocinó en ella. Ha consumido menos leña que la primera vez.
3. Estufa Blitar de Indonesia: Esta estufa, apropiada para operar con aserrín o cascarilla de café, no funcionó con esos materiales como se esperaba de pruebas anteriores en que se hirvió agua. Se tuvo que usar leña junto con cascabillo de café. No le pareció su funcionamiento.
4. Estufa Singer: Hace demasiado humo. Para hacer el café tardó 70 minutos, y tuvo que cambiarlo a otra hornilla. En la hornilla in termedia, el recipiente obstruye el paso de calor hacia la última hornilla que está próxima a la chimenea.
5. Estufa de Blocks: Le agradó porque no hace nada de humo. La estufa muy baja le causa dolor de cintura. Usó comal de lámina de acero y tuvo dificultad para hacer tortillas. A la hornilla más pequeña, al frente de la estufa, no le llega suficiente calor.

COMENTARIOS FINALES

1. Diferentes personas consumen distintas cantidades de leña y tiempo. Tal es el caso de la Lorena, en la que una de dos amas de casa diferentes que cocinaron un mismo tipo de alimento consumió más de 1/2 kilo adicional de leña que la otra, y además ocupó más tiempo para la misma operación.
2. La estufa Lorena fue la mejor aceptada y la que mejores comentarios recibió de las cocineras, así como la que consumió menos cantidad de leña.

3. La estufa Singer hace mucho humo, lo que puede atribuirse al tipo de chimenea que es de bambú y de menor sección que las de tubo de lámina galvanizada.
4. Hay alimentos como el frijol que deben mantenerse hirviendo para que no se endurezcan cuando reciben calor insuficiente, por lo que es necesario colocarlos en hornillas donde les llegue suficiente calor; esta es otra ventaja de la Lorena, ya que en ella se puede controlar mejor el flujo del calor.
5. Para operar más eficientemente las estufas hay que trasladar los recipientes a las hornillas a que llegue mejor el calor, así como utilizar todas las hornillas aunque sea con recipientes con agua, para mantener cerrados todos los agujeros y evitar fugas de calor por alguna hornilla desocupada.
6. Debe entrenarse a los usuarios para usar las estufas, ya que cuando no las conocen bien, agregan leña sin necesidad, o en exceso, para cocer alimentos que no requieren mayor cantidad de calor, tal como huevos (cuando se fríen) o verduras. Por ejemplo, las verduras pueden quedar completamente cocidas en sólo 15 minutos si se colocan en agua hirviendo; y los huevos no necesitan más de minuto y medio para freirse en aceite caliente.
7. El cocinar es un trabajo que necesita, como cualquier otro una planificación. Se puede observar que una misma clase de alimento puede cocinarse en mayor o menor tiempo; esto dependerá de la atención que se le preste, colocándolo en donde se pueda aprovechar mejor el calor y en el momento adecuado u oportuno; por ejemplo; para cocer frijoles se pueden colocar en una hornilla donde les llegue suficiente calor y después trasladarlos a otra donde sólo se mantengan con el calor mínimo necesario.

EJEMPLO DE FORMULARIO LLENADO EN LAS PRUEBAS PRACTICAS

ICAITI. PROYECTO 1680.1

PRUEBAS DE COCINAFecha 26 de enero 1981 Estufa Lorena Prueba No. 1Tipo de leña Pino (360 ± 20) Cantidad 8 406 g Temperatura ambiental 15°CCocinera Ana Cucul Caal Información registrada por M.A.Z.Condiciones Cocinar desayuno y almuerzo, cocer frijoles y maíz.

Hora		Actividad	Observaciones
Inicial	Final		
9:10	9:38	Desayuno Café 2 min	En hornilla C
9:23	9:30	Huevos (4) 7 min	En hornilla B
9:12	10:22	Maíz (2 libras) 70 min	En hornilla A
9:32		Agua para caldo o frijoles	En hornilla B
9:43	11:53	Frijoles (1 libra) 130 min	En hornilla C, con agua caliente
10:24		Agua caliente	En hornilla A
10:26	11:24	Arroz (1 libra) 58 min	En hornilla B
10:50	12:15	Cocido (1 libra de carne más verduras) 85 min	En hornilla A; agua hirviendo; después de hervir una hora se pasó a hornilla B.
12:07	12:40	Tortillas (2 libras de masa) 33 min	Comal de barro en hornilla A; se agregó leña cuando se estaba por terminar de tortear, esto aumentó en 800 g aproximadamente consumo.

EJEMPLO DE FORMULARIO LLENADO EN LAS PRUEBAS PRACTICAS

ICAITI. PROYECTO 1680.1

PRUEBAS DE COCINA

Fecha 27 de enero 1981 Estufa de Adobes Prueba No. 2

Tipo de leña Pino (360 ± 20) Cantidad 8 100 g Temperatura ambiental 16°C

Cocinera Ana Cucul Caal Información registrada por M.A.Z.

Condiciones Cocinar desayuno y almuerzo. Cocer además frijoles y maíz
(2 libras).

Hora		Actividad	Observaciones
Inicial	Final		
8:20 8:25	8:55	Prende fuego Café (30 min)	Se ha tenido que recomodar. En C, batidor de barro.
8:33	8:53	Frijoles volteados (20 min)	En B, con sartén de barro. Se cambiaron a A. Hay que estar empujando la leña.
8:22	8:45	Agua para calentar	En A; cuando hirvió se pasó a B
8:54	9:00	Huevos fritos (re- vuelto 4) (6 min)	Sartén de barro en A, queda bastan- te holgado
9:08	11:10	Frijoles cocidos (122 min)	Olla de barro en C. Se usa agua caliente
9:10	10:00	Maíz (2 libras) (50 min)	Olla de aluminio en A, con agua caliente
9:08		Agua para calentar	En B
10:04	11:00	Arroz (1 libra) (56 min)	Sartén de barro B
10:04	11:09	Sopa (1 libra de car- ne más verduras) (65 min)	En olla de aluminio en A; 10:50 agrega verduras
11:16	11:46	Tortillas (2 libras de masa) (30 min)	En comal de barro en A

EJEMPLO DE FORMULARIO LLENADO EN LAS PRUEBAS PRACTICAS

ICAITI. PROYECTO 1680.1

PRUEBAS DE COCINA

Fecha 28 de enero 1981 Estufa Blitar Indonesia Prueba No. 3

Tipo de leña Cascarilla café Cantidad 8 300 g Temperatura ambiental 17°C

Cocinera Ana Cucul Caa1 Información registrada por M.A.Z

Condiciones Cocinar desayuno y almuerzo y cocer maíz y frijoles

Hora		Actividad	Observaciones
Inicial	Final		
8:35		Prende fuego	Con unas rajadas de leña. Hay dificultad en controlar la combustión.
8:42		Agua	En olla de aluminio hornilla A
8:42	9:10	Frijoles fritos	Sartén de barro en hornilla B
8:45	11:43	Café	En batidor de barro, hornilla C. No hirvió el agua; ésta se utilizará en el frijol.
8:30	10:24	Maíz (2 libras)	En olla de aluminio hornilla A, con agua hirviendo.
9:56	10:06	Huevos (4)	En hornilla B; tuvo que volverse a colocar leña para prender el cascabillo que se había quedado sin flama
10:10	11:58	Sopa de carne y verduras	En hornilla B, calentándose el agua, se pasa a A cuando se coció el maíz.
10:29		Frijoles cocidos (1 libra)	En hornilla C, con agua caliente
10:45	12:10	Arroz (1 libra)	En hornilla B
12:00	12:40	Tortillas (2 libras)	Comal de lámina de acero en hornilla A. 20 minutos después se tuvo que usar comal de barro por exceso de calor.

EJEMPLO DE FORMULARIO LLENADO EN LAS PRUEBAS PRACTICAS

ICAITI. PROYECTO 1680.1

PRUEBAS DE COCINA

Fecha 29 de enero 1981 Estufa Singer Prueba No. 4

Tipo de leña Pino (360 ± 20) Cantidad 6 570 g Temperatura ambiental 16°C

Cocinera Ana Cucul Caal Información registrada por M.A.Z.

Condiciones Hacer desayuno y almuerzo, cocer frijoles y maíz

Hora		Actividad	Observaciones
Inicial	Final		
8:30		Inició fuego	Hace bastante humo
8:36	9:43	Café (70 min)	En hornilla C; se pasó después de una hora a B, la flama cubre el batidor y pasa a C.
8:33	9:00	Frijoles volteados (27 min)	En hornilla B
8:33		Agua caliente	En hornilla A
9:05	9:08	Huevos fritos (4)(3 min)	En hornilla B
8:42	9:30	Maíz (2 libras) (48 min)	En hornilla A, con agua caliente
9:14	11:34	Frijol (140 min)	En hornilla B; la olla queda muy hundida y no deja pasar calor a C; se cambió.
9:34	10:54	Sopa (1 libra de carne más verduras) (80 min)	
10:15	10:55	Arroz (1 libra) (40 min)	En hornilla B; el frijol se pasó a C otra vez.
11:07	11:44	Tortillas (2 libras) (37 min)	En hornilla A

EJEMPLO DE FORMULARIO LLENADO EN LAS PRUEBAS PRACTICAS

ICAITI. PROYECTO 1680.1

PRUEBAS DE COCINA

Fecha 30 enero 1981 Estufa De Blocks Prueba No. 5

Tipo de leña Pino (320 ± 20) Cantidad 8 666 g Temperatura ambiental 17°C

Cocinera Ana María Cucul Caal Información registrada por M.A.Z.

Condiciones Hacer desayuno y almuerzo. Cocer frijoles y maíz entre el
desayuno y almuerzo

Hora		Actividad	Observaciones
Inicial	Final		
9:10		Inició fuego	Casi sin humo
9:14	9:49	Café (35 min)	En hornilla B
9:14		Agua para cocinar	En hornilla C. Casi no calentó; puede servir para mantener caliente algún alimento
9:22	9:37	Frijoles fritos (15 min)	En hornilla A
9:43	9:46	Huevos revueltos (fritos) (3 min)	En hornilla A
9:47	10:41	Maíz (2 libras) (55 min)	En hornilla A, calentando primero el agua
9:49	11:19	Frijoles (1 libra) (90 min)	En hornilla B, calentando primero el agua
10:44		Agua para cocinar	En hornilla C, para adelantar el calentamiento de la sopa de arroz
10:44	12:20	Sopa de carne (1 libra) más verduras (96 min)	En hornilla A, se pasa a B cuando se va a tortear
11:20	12:20	Arroz (1 libra) más verduras (60 min)	En hornilla B, después de cocido se pasa a C donde se mantenía hirviendo el frijol
12:30	13:30	Tortillas (2 libras)	En hornilla A, con comal de lámina de aluminio, se pegan al principio; debe dejarse caliente