

Congreso de investigación de AUPRIDES

**El arte y la ciencia de hacer tortillas, cocer frijoles.....
y freír arroz**

René Nuñez Suárez

Universidad Francisco Gavidia

San Salvador, 17 de Septiembre de 2007

1.- Título: El arte y la ciencia de hacer tortillas, cocer frijoles... y freír arroz.

2.- Resumen: Con el inicio del siglo XXI se ha puesto al descubierto el grave problema que aflige a los pobladores de las zonas rurales de todos los países tropicales y subtropicales. La escasez de leña para cocinar ha provocado una verdadera lucha por la supervivencia. En El Salvador el problema es todavía mucho mayor por la indiscriminada destrucción de los recursos forestales y además por que la leña para cocinar representa el 93% del total de la demanda.

Pensar en resolver el problema cambiando las cocinas de leña por cocinas a gas, solamente haría más difícil cumplir con el pago del consumo del gas licuado de petróleo, el cual, alcanzará los 120 000,000 de dólares para finales del 2007.

La solución debe ser de carácter tecnológico. Se debe reducir el uso de la leña para cocinar por medio de la sustitución de las cocinas de leña tradicionales y mejoradas por las Turbococinas. De manera similar, el consumo del gas licuado de petróleo debe reducirse con la sustitución de las cocinas a gas convencionales... por las nuevas Turbococinas a gas, que prometen reducir el consumo de combustible de manera sustancial.

La reducción en el consumo de la leña lograda con las diferentes generaciones de Turbococinas respalda la solución propuesta, y sí bien, las Turbococinas de leña... son ya una realidad. Las Turbococinas a gas... son la esperanza al corto plazo.

La Combustión a Baja Temperatura es una tecnología Salvadoreña... en la espera de aportar una solución a un problema de naturaleza global.

3.- Problema: La leña en El Salvador se consume de manera insostenible, y el 93% de este consumo corresponde a los hogares que cocinan con leña y a las tortillerías de leña. Esta situación ha convertido a nuestro país en el país más deforestado de América Continental. De continuarse así, al corto plazo, las zonas deforestadas... se convertirán en zonas desérticas.

El pago de la cuenta por el consumo del gas licuado de petróleo (LPG) en El Salvador, llegará a los 120 millones de dólares por año en el año 2007. Esta situación presiona de manera negativa la economía de nuestro país y se vuelve insostenible.

4.- Justificación: Las Turbococinas, que utilizan el método de Combustión a Baja Temperatura, el cual, se distingue por utilizar el mínimo de combustible, producir el máximo de calor y no producir las emisiones dañinas de CO ni de NOx. Por lo que la distribución masiva de las Turbococinas de leña haría posible el manejo sostenible del recurso leña en El Salvador y con la sustitución de las cocinas convencionales por las Turbococinas a gas, se podría reducir de manera sustancial el consumo del gas licuado de petróleo y por consiguiente el subsidio.

5.- Objetivos: Explicar como es que se puede reducir el uso de la leña con la sustitución de las cocinas de leña tradicionales y mejoradas. Y si difundiéramos de manera masiva las Turbococinas de leña, pudiéramos reducir de manera sustancial el uso de la leña para cocinar, y de igual manera, con las Turbococinas a gas, también pudiéramos reducir de manera sustancial el consumo del gas licuado de petróleo.

6.- Breve metodología: Se presentan los resultados de reducción del consumo de la leña logrados en el primer proyecto de introducción de las Turbococinas en Chalatenango. Se desarrollan las fórmulas matemáticas de la reducción en el consumo, que luego se prueban con los resultados obtenidos en la práctica. Se explica como se comprobó que con el método de Combustión a Baja Temperatura se había logrado la Combustión Perfecta. Se explica cual es la Máxima Eficiencia Térmica, se dan las fórmulas y se presenta la posibilidad, de que al igual que se logró la Combustión Perfecta, también se logrará llegar a la Máxima Eficiencia Térmica.

7.- Resultados esperados: Con la difusión masiva de las Turbococinas de leña se espera alcanzar una reducción sustancial en el uso de la leña para cocinar. De manera similar, se espera desarrollar una Turbococina a gas, con la cual, se espera lograr una reducción sustancial del uso del gas para cocinar.

8.- Conclusiones y recomendaciones. La Combustión a Baja Temperatura es una tecnología salvadoreña... que está a la espera de aportar una solución a dos graves problemas globales: la escasez de energía y el Cambio Climático.

René Núñez Suárez

Director de Investigación de la Universidad Francisco Gavidia.

Tel. 2209-2851 correo electrónico rnunezsuarez@ufg.edu.sv

El arte y la ciencia de hacer tortillas, cocer frijoles... y freír arroz

Por René Núñez Suárez

Universidad Francisco Gavidia

Resumen:

Con el inicio del siglo XXI se ha puesto al descubierto el grave problema que aflige a los pobladores de las zonas rurales de todos los países tropicales y subtropicales. La escasez de leña para cocinar ha provocado una verdadera lucha por la supervivencia. En El Salvador el problema es todavía mucho mayor por la indiscriminada destrucción de los recursos forestales y además por que la leña para cocinar representa el 93% del total de la demanda. Pensar en resolver el problema cambiando las cocinas de leña por cocinas a gas, solamente haría más difícil cumplir con el pago del consumo del gas licuado de petróleo, el cual, alcanzará los 120, 000,000 de dólares para finales del 2007.

La solución debe ser de carácter tecnológico, se debe reducir el uso de la leña para cocinar por medio de la sustitución de las cocinas de leña tradicionales y mejoradas por las Turbococinas. De manera similar, el consumo del gas licuado de petróleo debe reducirse con la sustitución de las cocinas a gas convencionales... por las nuevas Turbococinas a gas, que prometen reducir el consumo de combustible de manera sustancial.

La reducción en el consumo de la leña lograda con las diferentes generaciones de Turbococinas respalda la solución propuesta, y sí bien, las Turbococinas de leña... son ya una realidad. Las Turbococinas a gas... son la esperanza al corto plazo.

La Combustión a Baja Temperatura es una tecnología Salvadoreña... a la espera de aportar una solución... a un problema de naturaleza global.

El arte y la ciencia de hacer tortillas, cocer frijoles... y freír arroz

Por René Núñez Suárez

Antecedentes o exposición del problema

El 93% de la leña que se consume en El Salvador se quema en los hogares que cocinan con leña y en las tortillerías de leña, el 7% restante se consume de manera decreciente en las panaderías de leña, en las ladrilleras, en los beneficios, en las caleras y en otras actividades industriales.

Pero del consumo anual de 3, 500,000 toneladas métricas solamente se produce de manera sostenible una cantidad inferior a los 2, 000,000 de toneladas métricas de leña por año, que se obtiene de la poda de los cultivos de café, y para cubrir el déficit de leña de 1, 500,000 toneladas métricas se talan los pocos árboles que aún quedan en nuestro país.

Al ver estas cifras podemos comprender que esta situación no es sostenible en el tiempo y no es necesario hacer mucho esfuerzo analítico para asegurar, que a menos que se reduzca el consumo de la leña, El Salvador terminará completamente deforestado.

La solución a este problema parece ser muy simple, pues bastaría sustituir las cocinas de leña de los hogares y de las tortillerías de leña por cocinas a gas y tortillerías a gas. Pero de implementarse esta propuesta, se le daría una dimensión gigantesca al ya insostenible problema del pago por el consumo del gas licuado de petróleo (GLP), que se estima, llegará a los 120, 000,000 de dólares para finales del 2007, de los cuales 90, 000,000 de dólares es lo que tendrá que pagar el estado en concepto de subsidio al gas licuado de petróleo.

Además, con el aumento del consumo de gas, por los nuevos usuarios, el pago (en este caso) sobrepasaría los 240, 000,000 de dólares por año, y de esta cantidad, el subsidio estatal sería de 180, 000,000 de dólares por año. Y tanto el gasto como el subsidio aumentarían de acuerdo con el aumento en el precio del petróleo.

Solución propuesta

Por las razones expuestas anteriormente, es que consideramos que el problema de la leña debe resolverse de una manera tecnológica. Es decir, sustituyendo las cocinas tradicionales de leña por cocinas de leña de nueva tecnología que utilizan cantidades sustancialmente menores de combustible.

De una manera similar, el problema de la insostenibilidad del pago por el consumo del gas licuado de petróleo, consideramos que también se debe resolver de una manera tecnológica. Por lo cual, recomendamos la sustitución de las cocinas a gas de tecnología convencional, por las de nueva tecnología que gastan muy poco combustible; y con esta medida, reducir de manera sustancial el consumo del gas licuado de petróleo.

Investigación y desarrollo, e implementación de la solución tecnológica propuesta

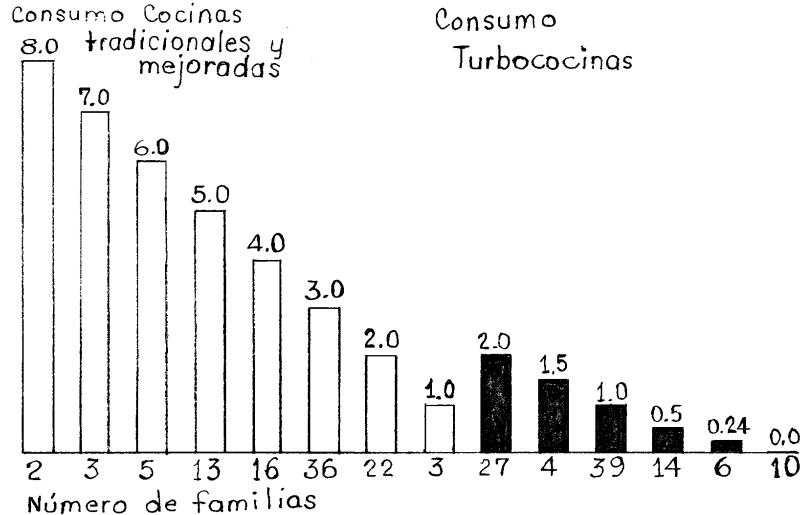
El proyecto de investigación y desarrollo, e implementación de la solución tecnológica propuesta se ha dividido en dos partes. La primera parte que se refiere a las cocinas de leña y a la tecnología en general, y la segunda parte que se refiere a las cocinas a gas.

Cocinas de leña de nueva tecnología

Durante todo el año 1997 se pusieron a prueba 100 “Turbococinas” de leña de una sola hornilla. Habiéndolas distribuido entre un número igual de familias de la zona rural del departamento de Chalatenango.

La realización de este proyecto tenía dos objetivos fundamentales. El primero consistía en determinar la reducción en el consumo de la leña al sustituir las cocinas de leña tradicionales y las cocinas mejoradas por las “Turbococinas” de primera generación, y el segundo objetivo consistía en determinar el grado de aceptación de las Turbococinas.

Los resultados sobre el consumo de la leña, después de un año de control y monitoreo, se pueden apreciar en el siguiente diagrama de barras en donde del lado izquierdo se tiene el consumo de leña anterior en tercios por semana con el número de familias por cada grupo de consumo y del lado derecho se tiene el nuevo consumo en tercios por semana con el número de familias por cada grupo de consumo.



Del proyecto de introducir estas cien Turbococinas, pudimos determinar que: 1.- El grupo más numeroso de familias (36) consumía 3 tercios por semana. Pero con las Turbococinas el grupo más numeroso de familias (39) consumía 1 tercio por semana, por lo que la reducción del consumo de leña fue de una relación de 3 a 1. $R = 3$

- 2.- El grupo de mayor consumo de 8 tercios por semana pasó a consumir 2 tercios por semana, por lo que la reducción del consumo fue de una relación de 4 a 1. $R = 4$.
- 3.- Del grupo de 2 tercios por semana, unas familias, pasaron a un grupo de consumo de 0.24 tercios por semana, por lo que la reducción fue de una relación de 8.3 a 1. $R = 8.3$
- 4.- Un grupo de 10 familias dejaron de consumir leña al utilizar los desperdicios de las artesanías y los olotes del maíz.

Los diferentes resultados en la reducción del consumo de la leña, se debe a que la mayoría de las familias continuó utilizando su comal para hacer las tortillas y solamente usaron la Turbococina para cocinar su comida. Por esta razón es que para determinar la reducción máxima en el consumo de la leña, se procedió a analizar los resultados obtenidos de un grupo de 6 familias. Cuyos datos se presentan en la tabla siguiente.

No	familia de	tipo de cocina	consumo anterior	nuevo consumo	R
1	Carmen Araceli Franco	Chefina	5 tercios/semana	1 tercio/semana	5
2	Lucía Figueroa	Chefina	3 tercios/semana	0.5 tercios/semana	6
3	Juana A. Ochoa	Poyetón	4.5 tercios/semana	0.5 tercios/semana	9
4	María Julia Márquez	Poyetón	3 tercios/semana	1/3 tercios/semana	9
5	Juana Alemán	Poyetón	4 tercios/semana	1 tercio/semana	4
6	María del C. Gutiérrez	Chefina	7 tercios/semana	1 tercio/semana	7

En este grupo de familias, con excepción de la familia No. 5, todas cocinaron su comida en las Turbococinas e hicieron sus tortillas en la plancha que se les entregó para tal propósito. Y ya que cocinar la comida y hacer las tortillas son dos actividades muy diferentes, es que se hizo una distinción entre la reducción de la leña para cocinar la comida (R_{co}) y la reducción de la leña para hacer las tortillas (R_{to}). Siendo la reducción total (R) el promedio de las dos reducciones. Es decir, que

$$R = (R_{co} + R_{to})/2 \quad (1)$$

Pero la reducción $R_5 = 4$ de la familia 5, que hacía las tortillas en su comal de poyetón, se debió a que $R_{to5} = 1$ ya que no tubo reducción en el consumo de leña para hacer tortillas.

Luego, $R_5 = 4 = (R_{co5} + 1)/2$ y de aquí se obtiene que $R_{co5} = 7$

ya al incluir este valor de R_{co} en $R_3 = R_4 = 9$, calculamos el valor de $R_{to3} = R_{to4} = 11$

Por lo que al sustituir las cocinas tradicionales de Poyetón por las Turbococinas de primera generación y hacer la comida y las tortillas, en estas, se puede esperar una reducción de 9 a 1 en el consumo de la leña. Pues $R = (7 + 11)/2 = 9$

Ya que $R_{co} = 7$ y $R_{to} = 11$ en donde R_{co} es la reducción en hacer las diferentes comidas:

$$R_{CO} = (R_{frijoles} + R_{sopa} + R_{maíz} + R_{arroz} + R_{huevos} + R_{café} + R_{leche} \dots + R_n)/n \quad (2)$$

Con esta fórmula se obtiene el factor de reducción promedio de hacer las comidas.

Pero, para hacer los cálculos de reducción de consumo en las comidas se vuelve en extremo tedioso el tener que emplear tantos términos como diferentes comidas se hacen en las cocinas, y por consiguiente, si hacemos una distinción entre lo que es cocinar los frijoles, cocer el maíz y hacer las sopas que requieren de un fuego fuerte y lo que es cocinar un arroz, calentar la leche o hacer café que requieren de un fuego suave, podremos introducir dos nuevos factores de reducción, uno de fuego fuerte y otro de fuego suave, con la intención de simplificar la fórmula anterior.

De estos dos grupos (de comidas de fuego fuerte y comidas de fuego suave), es representativa la reducción de cocer frijoles como reducción de fuego fuerte y la reducción de hacer arroz como reducción de fuego suave.

$$\begin{aligned} R_{\text{frijoles}} &= 3 & R_{\text{arroz}} &= 9 \\ R_{\text{ffuerte}} &= 3 & R_{\text{fsuave}} &= 9 \end{aligned}$$

Y ya que las comidas a fuego suave se hacen con el doble de frecuencia que las de fuego fuerte, seleccionamos un factor de frecuencia de 1 para las comidas de fuego fuerte y un factor de frecuencia de 2 para las de fuego suave. Que al incluirlas en una nueva ecuación de Rco, nos da una relación mucho más simple que la dada por la ecuación (2).

$$R_{\text{CO}} = (R_{\text{ffuerte}} + 2 R_{\text{fsuave}})/3 \quad (3)$$

$$R_{\text{CO}} = (R_{\text{frijoles}} + 2 R_{\text{arroz}})/3 \quad (3)$$

Y si incluimos los valores conocidos de reducción de R_{ffuerte} y R_{fsuave} , obtendremos:

$$R_{\text{CO}} = (3 + 2 \times 9)/3 = 7$$

Que es igual al valor de reducción obtenido anteriormente, con lo que comprobamos la validez de la fórmula desarrollada.

Por consiguiente, con el auxilio de las fórmulas anteriores podemos obtener la reducción en el consumo de combustible (R) con la realización de solamente seis experimentos.

En donde, para obtener $R_{\text{ffuerte}} = R_{\text{frijoles}}$ y $R_{\text{suave}} = R_{\text{arroz}}$ es necesario hacer cuatro

ensayos y calcular $R_{\text{CO}} = (R_{\text{ffuerte}} + 2 R_{\text{fsuave}})/3 \quad (3)$

y para R_{to} dos ensayos, pues $R_{\text{to}} = \text{consumo anterior tortillas}/\text{consumo nuevo tortillas}$

Con todos estos valores ya determinados, calculamos la reducción de combustible

$$R = (R_{\text{CO}} + R_{\text{to}})/2 \quad (1)$$

Diferentes generaciones de Turbococinas de leña

El proyecto en Chalatenango se realizó con Turbococinas de la primera generación. Pero posteriormente se continuó el proyecto con un número reducido de familias y con un modelo de Turbococina de tercera generación y además, se les entregó una nueva plancha tortillera y dos Turbococinas por familia (dos hornillas).

Al comparar el consumo de leña de las Turbococinas de tercera generación con el consumo de leña anterior se determinó una nueva reducción (R) de 11 a 1. $R = 11$

Luego, se realizaron los ensayos para determinar los nuevos valores de R_{to} y R_{co} , para con ellos, calcular la nueva reducción en el consumo de leña, usando las fórmulas y los valores de los experimentos. En los experimentos se obtuvo que:

$R_{to} = 14.5$ (tortillas) $R_{ffuerte} = 3.18$ (frijoles) $R_{fsuave} = 9.56$ (arroz) con lo que calculamos

$R_{co} = (3.18 + 2 \times 9.56)/3 = 7.43$ y $R_{to} = 14.5$ luego, $R = (7.43 + 14.5)/2 = 10.97$

Y puesto que el valor calculado de 10.97 es aproximadamente igual a 11, podemos concluir, que con las nuevas fórmulas es posible realizar solamente seis experimentos para calcular las reducciones (R) de consumo de combustible.

En este proyecto (en Chalatenango) se determinó que el grado de aceptación de las Turbococinas es mayor, en cuanto mayor es la reducción en el consumo de leña y por esta razón es que el énfasis de la investigación se ha centrado en la reducción del consumo del combustible. La mayor reducción (R) es la mejor indicación de la perfección de la tecnología y para lograrlo, se han construido cada vez modelos más avanzados de Turbococinas, como también de planchas tortilleras.

Con el modelo de la novena generación de Turbococina se llegó a valores de reducción en el consumo de la leña en proporción de 20 a 1. $R = 20$

Con el nuevo modelo de la décima generación de Turbococina se espera obtener una reducción de 30 a 1. $R = 30$

Es decir, que con la cantidad de leña que se consume en las cocinas tradicionales de Poyetón en un solo día, con las Turbococinas, la leña podría alcanzarles... para todo un mes.

La tecnología

La “Turbococina” es la primera aplicación práctica del “Método de Combustión a Baja Temperatura”. Su nombre se deriva de la “Turbocombustión” que es el nombre por el cual también se le conoce a este novedoso método de combustión, el cual, está descrito en el documento de la patente: “Método y Aparato de Combustión Presurizada y de Transferencia de Calor”.¹

¹“Pressurized Combustión and Heat Transfer Process and Apparatus” US 6,651,645 B1
Inventor: René Mauricio Núñez Suárez.

La ciencia detrás del descubrimiento de la Combustión a Baja Temperatura

Por más de ciento cincuenta años, la Ciencia ha buscado la manera de lograr la combustión perfecta como el mecanismo para obtener todo el calor de un combustible. Siendo determinante – que para que la combustión sea perfecta - los productos de la combustión de un combustible orgánico deben ser únicamente: dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O) y calor.

Combustible Orgánico ---- Combustión Perfecta ---- = CO₂ + H₂O + Calor (4)

La realidad es que de la combustión en aire además del Dióxido de Carbono, el Vapor de agua y el Calor, también se produce Monóxido de Carbono (CO), que es un producto intermedio de la combustión del carbono, además de varios óxidos del nitrógeno a los que colectivamente se les denomina Óxidos de Nitrógeno (NO_x).

Combustible Orgánico --- combustión --- = CO₂ + H₂O + CO + NO_x + Calor (7)

En este proceso de combustión no se obtiene todo el calor del combustible, ya que una parte del Carbono solamente se oxida hasta Monóxido de Carbono y no se produce el calor que se libera cuando el Carbono se oxida completamente a Dióxido de Carbono, además de que el Nitrógeno toma calor del proceso de la combustión para formar los Óxidos de Nitrógeno, con lo que se reduce todavía más la cantidad de calor liberado por el proceso de la combustión.

Por lo que la cantidad de Monóxido de Carbono, sumado a la cantidad de Óxidos de Nitrógeno, es un buen indicador de la “Imperfección de un proceso de combustión” o dicho de otra manera, en cuanto menor sea este indicador más cerca se estará de “La Combustión Perfecta”.

Análisis de las emisiones de Monóxido de Carbono y de Óxidos Nitrógeno

En el año 2001 se realizaron análisis de emisiones de Monóxido de Carbono y de Óxidos de Nitrógeno a un modelo de Turbococina de la séptima generación. Los resultados de las emisiones de CO fueron de 3.6 partes por millón en volumen y de las emisiones de NO_x fueron de 0.0 partes por millón en volumen. ²

Estos resultados indicaban que habían solamente 3.6 millonésimas partes de CO, que nos separaban de la “Combustión Perfecta”. Por lo que posteriormente a este análisis, se hicieron unos cambios menores en el diseño del reactor (Turbococina) con el propósito de evitar que se produjeran esas emisiones, infinitesimalmente pequeñas, de Monóxido de Carbono, pues con ello, por fin podíamos dar a conocer... que se había logrado la “Combustión Perfecta”.

² Los análisis de emisiones se realizaron en el reconocido “Advanced Combustión Research Institute of Canada” en Ottawa, Canadá.

La ley de la Combustión Perfecta y la máxima eficiencia térmica

Habiendo limitado la máxima temperatura de la combustión a 970 grados Celsius y suministrando el aire en la manera apropiada y en la cantidad suficiente, se evitó la producción de los nocivos Óxidos de Nitrógeno, y a la vez, se logró que todo el Carbono se oxidara completamente hasta formar Dióxido de Carbono.

Y por consiguiente “Para que en un proceso de Combustión a Baja Temperatura, la Combustión sea Perfecta, es necesario que la temperatura máxima de la combustión no exceda la Temperatura de no ionización del Nitrógeno, siendo este valor de temperatura de alrededor de los 970 grados Celsius”. Al anterior enunciado se le llamó “La ley de la Combustión Perfecta”.³

Una vez que se había logrado la “Combustión Perfecta” y se tenía disponible todo el calor de la combustión, la investigación se focalizó en la transmisión del calor hacia el lugar de su utilización, tratando de hacerlo con el mínimo de pérdidas posible, pues de esa manera, se lograría la máxima eficiencia térmica.

La fórmula para calcular la máxima eficiencia térmica (5) la podemos encontrar en cualquier libro de Termodinámica.

$$\text{Eficiencia} = (T_{\text{alta}} - T_{\text{baja}}) / T_{\text{alta}} \quad (5)$$

la cual, también se expresa de manera porcentual por la fórmula (6)

$$\text{Eficiencia \%} = 100 \times (T_{\text{alta}} - T_{\text{baja}}) / T_{\text{alta}} \quad (6)$$

en donde las Temperaturas se deben expresar en valores absolutos ($T_{\text{celsius}} + 273$)

En el caso de nuestro reactor (Turbococina), tenemos que considerarlo como una máquina que transfiere calor de una temperatura de 970 grados Celsius a una caldera (la olla) con agua a una temperatura constante de 100 grados Celsius. Con estos datos de temperatura, podemos calcular la máxima eficiencia térmica.

$$\text{Máxima Eficiencia} = [(970 + 273) - (100 + 273)] / (970 + 273) = 0.6999$$

$$\text{Máxima Eficiencia} = 0.6999 \text{ o también, Máxima Eficiencia \%} = 69.99 \%$$

$$\text{Máxima Eficiencia \%} = 70 \% \quad (7)$$

esta es la máxima eficiencia térmica que se puede lograr en la práctica. Es decir, que del calor de la combustión solamente se puede llegar a utilizar **el 70% del calor generado**.

³ La ley de la Combustión Perfecta se dio a conocer por primera vez en Agosto de 2005 en la Universidad Francisco Gavidia por su autor René Núñez Suárez.

Para calcular la eficiencia térmica de los diferentes modelos de Turbococinas (reactores) se utilizó la siguiente fórmula de eficiencia

$$\text{Eficiencia} = \text{Calor suministrado a la caldera} / \text{Calor almacenado en el combustible} \quad (8)$$

$$\text{Eficiencia} = Q_{\text{caldera}} / Q_{\text{combustible}} \quad (8) \quad \text{y} \quad Q_{\text{combustible}} = Q_{\text{combustión}} \quad (9)$$

Los valores de la eficiencia térmica de los modelos de la primera y de la tercera generación fueron:

$$\text{Eficiencia primera generación} = 45.8 \% \quad (10)$$

$$\text{Eficiencia tercera generación} = 58.5 \% \quad (11)$$

Pero en la ecuación (8) tenemos que el calor suministrado a la caldera es igual al calor de la combustión menos las pérdidas de calor hacia el medio y menos las pérdidas de calor por la transferencia hacia la caldera.

$$Q_{\text{caldera}} = Q_{\text{combustión}} - Q_{\text{pérdidas medio}} - Q_{\text{pérdidas transferencia}} \quad (12)$$

y la fórmula de la eficiencia se puede expresar como

$$\text{Eficiencia} = (Q_{\text{combustión}} - Q_{\text{pérdidas medio}} - Q_{\text{pérdidas transferencia}}) / Q_{\text{combustión}} \quad (13)$$

$$\text{Eficiencia} = 1 - (Q_{\text{pérdidas medio}} + Q_{\text{pérdidas transferencia}}) / Q_{\text{combustión}} \quad (14)$$

La máxima eficiencia se obtendrá cuando ambas pérdidas sean mínimas y la

$$\text{Máxima Eficiencia} = 1 - (Q_{\text{pérdidas mínimas}}) / Q_{\text{combustión}} = 0.70 \quad (15)$$

$$Q_{\text{pérdidas mínimas}} = 0.3 Q_{\text{combustión}} \quad (16) \quad Q_{\text{pérdidas mínimas}} \% = 30 \% Q_{\text{combustión}} \quad (17)$$

De acuerdo a la relación anterior, la Máxima Eficiencia se logrará cuando las pérdidas de calor sean igual o menor al 30% del calor generado por la combustión.

Creemos que con el último modelo de Turbococina, cuando determinemos la eficiencia... nos daremos cuenta que superamos la marca de la **Máxima Eficiencia. ¡Así como una vez lo logramos... con la Combustión Perfecta!**

Conclusiones y recomendaciones

Las Turbococinas de leña se han perfeccionado... hasta no dejar dudas que son las cocinas de leña más económicas del mundo. Están listas para su fabricación y para su distribución masiva... y para resolver el problema de la leña para cocinar en cualquiera de los países donde la búsqueda de leña... es una lucha por la supervivencia.

Las cocinas a gas de nueva tecnología

Desde mediados del 2006 hasta el presente se ha seguido perfeccionando la tecnología de la Combustión a Baja Temperatura, con el doble propósito de: optimizar la Turbococina de leña y tener las bases para el desarrollo de una Turbococina a gas.

Se desarrolló un primer prototipo de Turbococina a gas, con el cual, se demostró que era factible mantener la Combustión a baja Temperatura con un combustible gaseoso.

El segundo prototipo, con sus múltiples variantes, sentó las bases para el diseño y el cálculo de tercer prototipo. Se desarrolló el concepto del rotacional, una vez que se determinó la óptima dirección de los vectores de los flujos del gas con referencia a los vectores de los flujos de inyección del aire.

El tercer prototipo del reactor a gas está listo - después de muchos problemas constructivos – para realizar los nuevos ensayos y determinar el camino a seguir para el diseño y la construcción de un cuarto prototipo... ya con características de un modelo de preproducción.

Los resultados, hasta ahora, son bastante alentadores. Pues sí tenemos en cuenta, que la Máxima Eficiencia Térmica de las cocinas a gas convencionales es del 60% y nosotros logramos una eficiencia térmica del 58.5% con la Turbococina de leña de la tercera generación, al momento, tenemos la certeza que la eficiencia térmica de las Turbococinas es de más del 60%, aunque su valor exacto... todavía está por determinarse.

Con la experiencia adquirida al calcular las reducciones de las cocinas de leña se nos facilitará la determinación de la reducción en el consumo del gas (R_{gas}), la cual, estimamos que podría llegar a ser del orden de 3 a 1. $R_{\text{gas}} = 3$ (18)

La reducción sería mucho mayor en la sustitución de las Tortillerías a gas por las Turbotortillerías a gas. Esta podría ser del orden de 7 a 1. $R_{\text{tortigas}} = 7$ (19)

Para finales del 2007 tendremos las respuestas... o por lo menos estaremos muy cerca de poder contestar los interrogantes del presente.

Conclusiones y recomendaciones

Creemos estar muy cerca de un gran avance tecnológico. Creemos que la Combustión a Baja Temperatura será la respuesta a un mundo que enfrenta una crisis energética y un problema mayor... el del Cambio Climático.⁴

⁴ El 29 de Octubre del 2002, por la invención del Método de Combustión a Baja Temperatura, el autor recibió “The Climate Technology Leadership Award 2002”, durante la celebración de la Octava Convención Mundial de Cambio Climático de las Naciones Unidas, en New Delhi, India.