

DISEÑO Y FABRICACIÓN DE PARRILLAS DE ENCENDIDO RÁPIDO, EFICIENTES Y PORTÁTILES

DESIGN AND MANUFACTURE OF FAST-LIGHTING, EFFICIENT, PORTABLE GRILLS

SALDIAS ARREDONDO C. P., RODRIGUEZ BACARREZA W. E.

RESUMEN

Existen diferentes maneras de asar los alimentos, la más popular consiste en exponer al fuego los alimentos a asarse de manera horizontal sobre una superficie de metal a una determinada distancia, generalmente controlada por la persona que realiza esta actividad. La parrilla es el instrumento creado para realizar este método de cocción. A partir de las propiedades fisicoquímicas en el proceso de encendido de carbón vegetal y de los diferentes tipos de metales permitió el diseño óptimo de una parrilla portátil capaz de minimizar el tiempo de cocción, aplicable a usuarios sin experiencia previa en el uso de equipos similares disminuir los tiempos de uso. Se determinó el flujo de aire, las densidades de los gases involucrados, las áreas mayor y menor para la cámara de combustión, las dimensiones de las canastillas de ignición, la transferencia de calor por radiación, la transferencia de calor por conducción, se seleccionó el acero inoxidable 430, como la mejor opción para la fabricación del prototipo de la parrilla. De los datos experimentales con el prototipo se determinó: 22 % de eficiencia en la combustión del carbón, 75 % de ahorro en el tiempo de encendido y 24 % de ahorro en el tiempo de cocción.

ABSTRACT

There are different ways to roast food, the most popular is to expose the food to the fire to be roasted horizontally on a metal surface at a certain distance, generally controlled by the person who performs this activity. The grill is an instrument created to carry out this cooking method. From the physicochemical properties in the process of lighting charcoal and the different types of metals, it allowed the optimal design of a portable grill capable of minimizing cooking time, easy to use for users without previous experience in the use of similar equipment, decreasing the times of use. It was determined from the air flow, the densities of the gases involved, the largest and smallest areas for the combustion chamber, the dimensions of the ignition baskets, the heat transfer by radiation, the heat transfer by conduction, the use of stainless steel 430, as the best option for the manufacture of the grill prototype. From the experimental data with the prototype, it was determined: 22% efficiency in coal combustion, 75% savings in ignition time and 24% savings in cooking time.

PALABRAS CLAVE

Diseño Industrial. Parrillas, Encendido rápido

KEYWORDS

Industrial design. Grills, Quick start

INTRODUCCIÓN

La necesidad de alimentarse de alguna manera es una realidad que existe para el hombre desde su aparición hace 2,5 millones de años. Es por tal motivo que, al pasar del tiempo, se han desarrollado diferentes formas de preparar los alimentos antes de ser consumidos.

Existen diferentes maneras de asar los alimentos, la más popular consiste en exponer al fuego los alimentos a asarse de manera horizontal sobre una superficie metálica a una determinada distancia del fuego, generalmente controlada por la persona que realiza esta actividad.

La parrilla es el instrumento creado para realizar este método de cocción, misma que, con el paso del tiempo, ha sido desarrollada de diferentes maneras, con el fin de mejorar la cocción de los alimentos y reducir los esfuerzos que se requieren para realizar esta actividad. Es, por tanto, que hoy en día existe una amplia variedad de parrillas que se adaptan a las diferentes necesidades de los clientes.

El fuego se logra a partir de carbón vegetal o de madera, aunque hay también parrillas de gas natural. Las maderas más usadas son duras como las de roble, mezquite, quebracho, coronilla o guindo, que arden a temperaturas elevadas y por un tiempo prolongado. Si bien la carne más empleada es la vacuna, también se asa carne de: cerdo, cordero, cabrito, pescado, pollo, langostinos y diversos embutidos.

Actualmente, la variedad de modelos, en cuanto a parrillas se refiere, es muy grande. Es tal la cantidad y modelos que existen, que se clasifican de acuerdo a necesidades de uso, como ser: portabilidad, tipo de alimento a cocinar y la manera específica en la que se gusta de hacerlo. Sin embargo, todos estos parrilleros son muy dependientes del ingenio y la atención, ya que se necesita cierta destreza y conocimiento en el uso de la parrilla y en el encendido del carbón para poder ser correctamente utilizados.

Un factor importante a tomar en cuenta es el tiempo que se necesita para realizar el encendido, mismo que es uno de los puntos claves que determinará la velocidad y calidad de cocción de los alimentos. Si bien es un hecho que existen diferentes productos que ayudan a realizar esta operación, como aceite con papel de cocina, palos de mezquite, cilindros metálicos especiales, o, incluso, productos que requieren ayuda de energía eléctrica. Sin embargo, todas las opciones anteriores llevan consigo ciertas desventajas, como ser la formación de productos de oxidación potencialmente tóxicos, tiempos largos de espera, necesidad de corriente eléctrica, poca practicidad, además de su influencia en el sabor y olor de los alimentos.

En el mercado actual existe una opción de la parrilla convencional, la parrilla eléctrica, que requiere únicamente de energía eléctrica para su funcionamiento. Sin embargo, esta última no es solo una ventaja, sino que también limita su uso en lugares que no tengan dicho acceso, son muy frágiles y vulnerables, y las propiedades de los alimentos como el sabor y olor se ven afectadas rotundamente.

Las propiedades fisicoquímicas en el proceso de encendido de carbón vegetal y de los diferentes tipos de metales permitieron elaborar un diseño óptimo de una parrilla portátil capaz de minimizar el tiempo de cocción, aplicable a usuarios sin experiencia previa en el uso de equipos similares y a disminuir los tiempos de uso.

MÉTODOS Y MATERIALES

Para el estudio del aire en el proceso se utilizó la ecuación de Bernoulli que permite analizar y determinar el flujo de aire, tomando en cuenta parámetros importantes para la elaboración del diseño.

$$P_1 + \rho_1 g h_1 + \frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 = P_2 + \rho_2 g h_2 + \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2$$

El valor de las densidades se calculó a partir de la ecuación de van der Waals para los gases reales.

$$PV_m^3 - V_m^2(Pb + RT) + aV_m - ab = 0$$

Se consideró el peso molecular para el aire de 28,95 g/mol y para el monóxido de carbono 28,00 g/mol. Se utilizan las constantes de van der Waals para el aire $a = 1,5363 \text{ atm} \cdot \text{l}^2/\text{mol}^2$, $b = 0,029 \text{ kg/m}^3$ y para el monóxido de carbono $a = 0,547 \text{ atm} \cdot \text{l}^2/\text{mol}^2$, $b = 0,024 \text{ kg/m}^3$

Se determinó el área inicial del punto de ignición y del área final del proceso en el que la presión aumenta debido a una reducción considerable del área para lograr el efecto Venturi.

Para cálculo del área mayor de la parrilla, fueron necesario tomar en cuenta diferentes factores como ser:

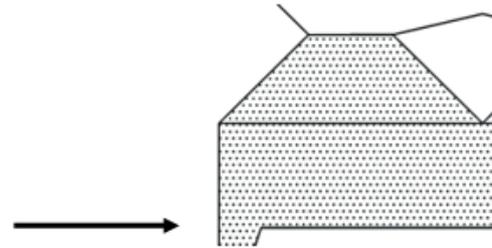


Figura 1. Área mayor del cuerpo de la parrilla.

Para garantizar el aprovechamiento del flujo de aire que ofrece el efecto Venturi, las dimensiones de la caja menor deben ser iguales a las de la parte superior en donde irá colocada la parrilla. Por lo tanto, uno de los factores importantes que se tomó en cuenta, es el tamaño deseado para la parrilla, y este, a su vez, depende de la cantidad en kilogramos de carne o alimentos a los que pueda dar cabida por uso. Entonces, tomándola cantidad promedio de carne que consume una familia de 4 a 5 integrantes, se obtiene un primer parámetro para el cálculo de las dimensiones de la parrilla.

La ignición del carbón se dio mediante contacto directo con el fuego a través del encendido de papel, que se coloca dentro de canastillas que, mediante rieles, permiten movilidad y facilitar su depósito en las mismas. Estas canastillas están dentro de la caja inferior, por lo que su tamaño es otro factor importante a considerar. Este se calculó mediante la medición de las dimensiones del espacio que requiere un papel de tamaño oficio al enrollarse, pero no por completo, para que el tiempo que tarda en consumirse al quemarse sea el mayor posible. De esta manera se consigue que el fuego y el carbón tengan contacto directo por mayor tiempo.

Para calcular las dimensiones de la caja inferior se tomaron en cuenta el flujo de aire necesario para la activación y conservación del efecto Venturi en la parrilla, no solo para el encendido del carbón, sino también para todo el proceso de cocción de los alimentos. Las canastillas que se encuentran dentro de la caja necesitan tener el mismo espacio para que el flujo de aire no vaya en sentido contrario y provoque que el aire caliente escape por las aberturas de la caja. Esto perjudicaría la eficiencia en el encendido del carbón. El flujo de aire dentro de la caja debe mantenerse y concentrarse hasta que alcance una temperatura que obligue al gas a elevarse hacia el área menor.

Una vez calculada el área mínima para las canastillas, se calculó el área para la circulación del flujo de aire. El flujo de aire necesita un espacio mayor o igual a la de su fuente de emisión. Se determinó el área del grill de la parrilla, que debe ser simétrico con el de la caja de ignición. Como base de cálculo se toma en cuenta las dimensiones capaces de satisfacer a una familia de 5 personas en un solo uso.

La forma de la caja de la parrilla fue la de un rectángulo, debido a que esto permite tener dos canastillas de ignición

que proporcionen mayor energía al carbón, además de ser indispensable que uno de los lados sea mayor al otro para poder acomodar en el grill diferentes cortes de carne.

El área menor se maneja como una variable dependiente del área mayor. Sus dimensiones fueron el resultado de una simulación entre el área mayor y la ecuación de Bernoulli. Se asignaron diferentes dimensiones para el área hasta determinar la más eficiente que es capaz de aumentar la velocidad del flujo de aire y reducir la presión.

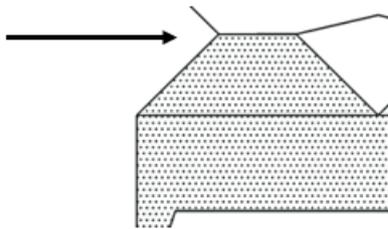


Figura 2. Área menor del cuerpo de la parrilla

En un escenario perfecto, en donde el fuego del papel que se encuentra en la canastilla de ignición sea uniforme en toda su dimensión, el área dos sería igual al área de las canastillas. Al no ser el caso, se redujó su área en un 30% con el fin de aprovechar la mayor cantidad de energía que se desprenda de la combustión y, a su vez, permita la reducción de presión en el área.

Se consideró la velocidad del aire promedio de 1,5 m/s, que es la de un ambiente sin corrientes de aire. De esta manera realizar el estudio tomó en cuenta un escenario poco conveniente para realizar el proceso de encendido del carbón.

La altura se definió en base a la altura de la canastilla de ignición, más un porcentaje de acierto para el flujo de aire necesario para alcanzar una velocidad de choque con el combustible, carbón. En un escenario ideal, la velocidad del monóxido de carbono, con ayuda del efecto Venturi, debería ser de un 50% con respecto a la altura de la fuente de calor. Al no tratarse de condiciones ideales y, sobre todo, al existir variedad de posibles escenarios en los que puede actuar esta parrilla, se le concede una altura de un 75% con respecto a la fuente de energía. De esta manera se aseguró que el aire pueda alcanzar una velocidad significativa, no choque con el carbón y aproveche los beneficios del efecto Venturi.

Con las dimensiones de área y altura entre ambos puntos del proceso, se obtiene una presión atmosférica negativa que ayuda a la circulación y evacuación del aire caliente. Se cumplió que la circulación del aire caliente pase por el área pequeña y choque con el combustible de manera efectiva.

La transferencia de calor por radiación se analizó entre el punto inicial, en el que se origina la combustión, y el contacto directo con las primeras capas del carbón. Se analizó el intercambio de calor entre el aire caliente producido y el carbón, y en cuanto tiempo se estima que podría realizarse.

Para este análisis se consideró:

- Emisividad(ϵ), Área (m^2), Constante de Stefan-Boltzmann(σ) de $5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$ o $3,3063 \times 10^{-15} /s$.
- Temperatura del cuerpo o espacio que emite la energía y temperatura del espacio o material que recibe la energía.
- Temperatura del aire (T_2), representando el valor promedio de la temperatura del aire caliente producido por una combustión.
- Temperatura del carbón, representando el valor de la temperatura interna del carbón comercial en condiciones normales. Su valor se encuentra entre los 18 y 22 °C, por lo

que se toma el valor promedio entre esos rangos.

La transferencia de calor de la combustión a la primera capa de carbón que se encuentra en la cama del combustible con la que el aire caliente tiene contacto directo se da a razón de 836,064 J/min.

El carbón vegetal comercial, requiere en promedio aproximadamente 18,4764 W para alcanzar una temperatura interna de 328 K que le permita comenzar con el encendido autónomo, así como generar suficiente energía para transferir calor por conducción hacia los demás carbonos.

Se estimó el tiempo necesario para encender parte del carbón que se ve sometida al contacto directo con el aire caliente de la combustión y de la flama del fuego. Se calculó el tiempo requerido para transferir ese calor a los carbonos de los costados de la cama del combustible. Esta transferencia se conoce como conducción, en la que un cuerpo sólido le transfiere su energía a otro sólido mediante el contacto directo.

Para realizar este análisis se tomó en cuenta:

Dos temperaturas principales para el análisis, y una temperatura media (T_m) que servirá como dato de entrada para obtener, junto a la conductividad, el calor específico y la densidad del carbón a dicha temperatura.

El coeficiente total de transferencia de calor, U, se refiere a la capacidad de conducir el calor a través de una serie de medios resistentes. Sus unidades son $W/(m^2\text{°C})$ [$Btu/(hr\text{-}ft^2\text{°F})$].

El número de Biot (Bi) es un número adimensional que relaciona la transferencia de calor por conducción dentro de un cuerpo y la transferencia de calor por convección en la superficie de dicho cuerpo.

En física, la longitud característica es una dimensión importante que define la escala de un sistema físico. En este caso se trata del carbón que se presenta en diferentes formas por lo que no es posible calcular un volumen real del mismo. Por lo anterior, el volumen del carbón se trata como el de una esfera.

El tiempo y la temperatura adimensional se calculan mediante tablas, teniendo como dato de entrada el número de Biot.

Al ser números adimensionales, su magnitud de dimensión es uno, por lo tanto, es un número puro.

La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

El cálculo de la transferencia de calor se realizó para una situación transitoria no estacionaria, debido al constante cambio de la temperatura del carbón en el tiempo y al calor, por radiación de la combustión y por conducción de carbón en carbón.

Las propiedades físicas en los metales varían de acuerdo al tipo de aleación que presentan. En este caso se utilizan dos tipos de acero inoxidable, el 430 y el 304.

La conductividad térmica del acero inoxidable 430 es de 100 °C, permitiendo un intercambio de energía constante y elevado durante el proceso de encendido del carbón vegetal y de la cocción de los alimentos. Si bien este tipo de acero no tiene un punto de fusión elevado, sus 1400 a 1500 °C, son más que suficientes para soportar la combustión del carbón y son temperaturas necesarias para todo el proceso de cocción de alimentos. La resistencia del acero inoxidable es de 250 HB lo que asegura al cuerpo de la parrilla no sufra deformación al exponerse al calor de la combustión del carbón, pudiéndose asegurar que la parrilla y el cuerpo están libre de penetraciones o ralladuras.

Todo acero, incluido el inoxidable, en contacto con el oxígeno se oxida. Lo importante es la forma en que se oxida o, mejor dicho, los óxidos que se forman. Lo que hace especial al acero inoxidable es que se oxida formando una delgada pátina, capa

fina de óxido de cromo color verdoso, que permanece inalterada sin aumentar su volumen. Además, si esta capa se rasga, más cromo se genera para oxidarse, lo que daría lugar a una nueva capa protectora. Este proceso se denomina regeneración del inoxidable. Todos los aceros inoxidables contienen el cromo suficiente para darles sus características de inoxidables. Muchas aleaciones inoxidables contienen además níquel para reforzar su resistencia a la corrosión. Estas aleaciones son añadidas al acero en estado de fusión para hacerlo inoxidable en toda su masa. Por este motivo, los aceros inoxidables no necesitan ser ni chapeados, ni pintados, ni ningún otro tratamiento superficial para mejorar su resistencia a la corrosión. En el acero inoxidable no hay nada que se pueda pelar, ni desgastar, ni saltar y desprenderse. El acero inoxidable tipo 430 puede soldarse mediante técnicas de fusión y resistencia comunes. Se requiere especial consideración para evitar la fractura de soldadura durante la fabricación. Cuando sea necesario un relleno, AWS E/ER 308L y 430 son los especificados. Esta aleación es resistente a ataques de una amplia variedad de medios corrosivos, incluido el ácido nítrico, y muchos ácidos orgánicos. El espesor de la lámina de acero ideal de la parrilla es de 1 mm, se puede utilizar en cualquier parte de la parrilla y el grill, por lo que una lámina se utiliza para la construcción de toda la parrilla.

RESULTADOS

La densidad de aire y del monóxido de carbono se determinaron mediante la ecuación de van der Waals

Aire:

$$1 V_m^3 - V_m^2(1 \times 0,029 + 0,082 \times 298) + 1,5363 V_m - 1,5363 \times 0,029 = 0$$

$$V_m = 24,40211 \frac{l}{mol} = 0,706 \frac{m^3}{kg}$$

$$\rho_{aire} = \frac{1}{V_m} = \frac{1}{0,706 \frac{m^3}{kg}} = 1,41 \frac{kg}{m^3}$$

Monóxido de Carbono:

$$1 V_m^3 - V_m^2(1 \times 0,024 + 0,082 \times 616) + 0,547 V_m - 0,547 \times 0,024 = 0$$

$$V_m = 50,52518 \frac{l}{mol} = 1,4147 \frac{m^3}{kg}$$

$$\rho_{aire} = \frac{1}{V_m} = \frac{1}{1,4147 \frac{m^3}{kg}} = 0,7068 \frac{kg}{m^3}$$

Área necesaria para las canastillas de ignición: 0,0253 m². Área necesaria para la circulación del flujo de aire: 0,05 m². Cantidad de carne por consumo para 5 personas: 3 kg. Área por kilogramo de carne: 0,12m². Área mayor: 0,0875 m². Área menor: 0,0064 m². Altura: 0,185 m. Velocidad del aire en área mayor 1,5 m/s. Velocidad del aire en área menor 20,507 m/s.

Reemplazando en la ecuación de Bernoulli

$$101,325 + \frac{1}{2} \times 1,41(1,5)^2 = P_2 + 0,82 \times 9,81 \times 0,185m + \frac{1}{2} \times 0,82(20,507)^2$$

$$P_2 = -70,991 \text{ kpa} = -0,71 \text{ atm}$$

Transferencia de calor por radiación

$$Q = \epsilon \sigma A (T_2^4 - T_1^4)$$

$\epsilon = 0,983$ (Valor de tabla), $A = 0,0103m^2$, $T_2 = 422 \text{ K}$ (Temperatura del aire caliente), $T_{carbón} = 294,15 \text{ K}$ (Aproximado), $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$.

$$Q = 0,983 \times 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \times 0,0103m^2 (422,15^4 - 294,15^4) K$$

$$Q = 13,9344 \text{ W} = 836,064 \frac{J}{min}$$

Esto quiere decir que el carbón necesita someterse 1 min con 20 segundos al contacto directo con el calor ofrecido por la combustión para comenzar a encenderse, Cabe aclarar que parte del carbón que se encuentra en la primera capa de la cama del combustible también se verá sometida a la energía producida por la flama del fuego, lo que aceleraría aún más este proceso.

Se determinó que en 2,058 min aproximadamente, se puede transferir el 70% de la energía de carbón en carbón por conducción directa entre sólido y sólido.

DISEÑO DE LA PARRILLA Y SUS COMPONENTES

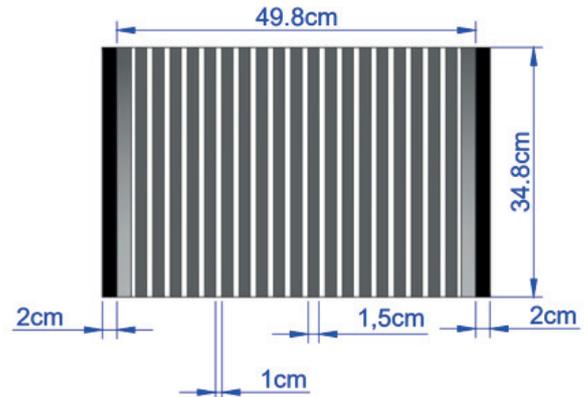


Figura 3. Vista superior rejilla de la parrilla

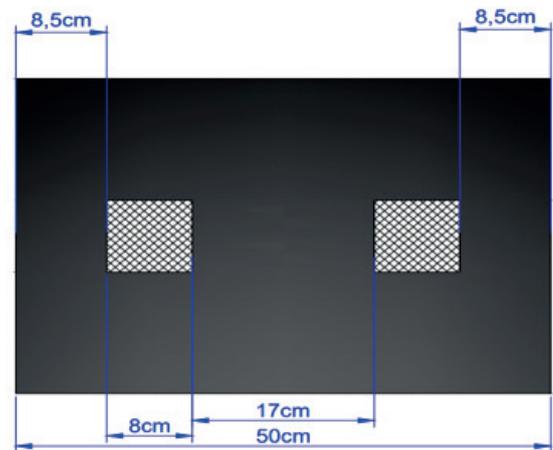


Figura 4. Vista superior del cuerpo de la parrilla

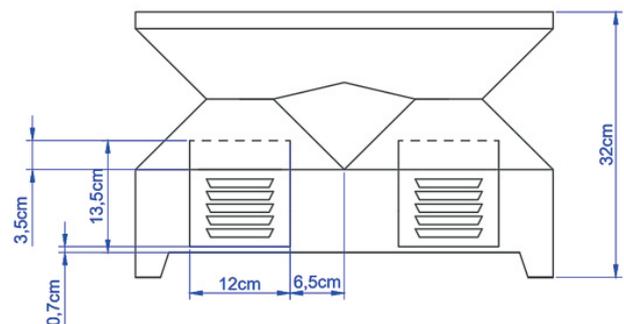


Figura 5. Vista frontal del cuerpo de la parrilla

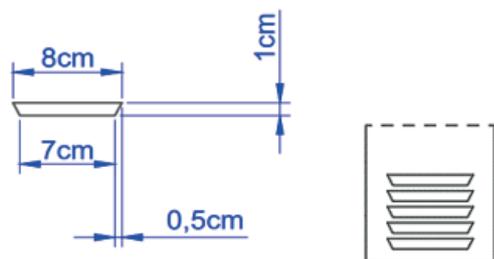


Figura 6. Vista Entrada de aire al cuerpo de la parrilla

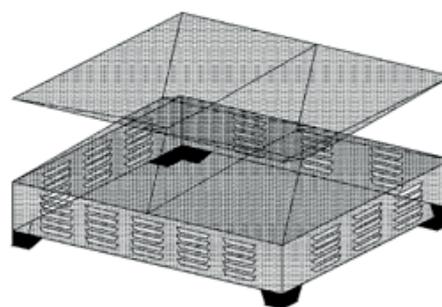


Figura 10. Vista del cuerpo de la parrilla completo

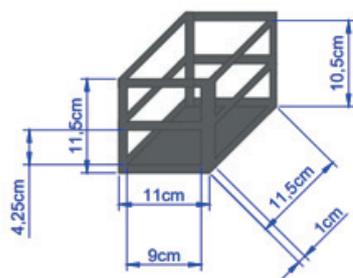


Figura 7. Vista cama del carburante de la parrilla

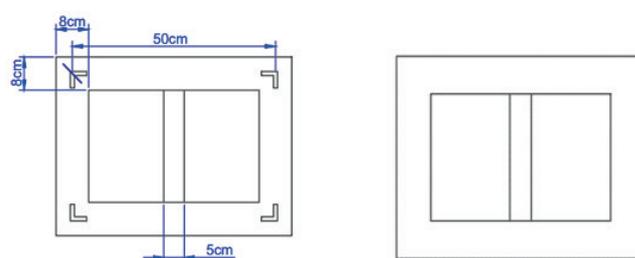


Figura 11. Vista superior de la cara interna y externa del estuche de la parrilla

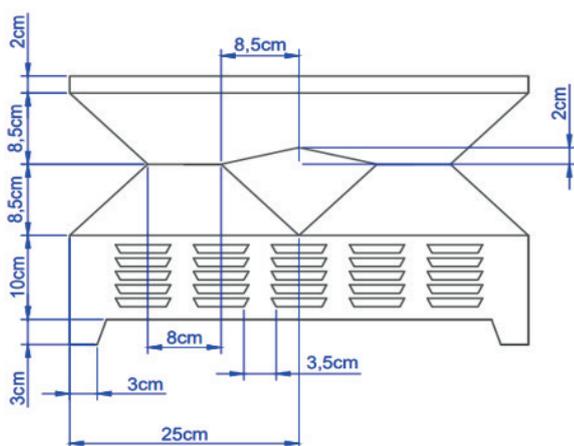


Figura 8. Vista posterior del cuerpo de la parrilla

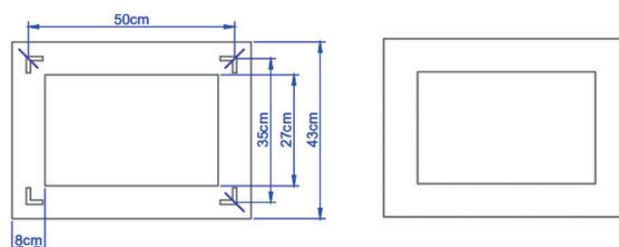


Figura 12. Vista inferior de la cara interna y externa del estuche de la parrilla

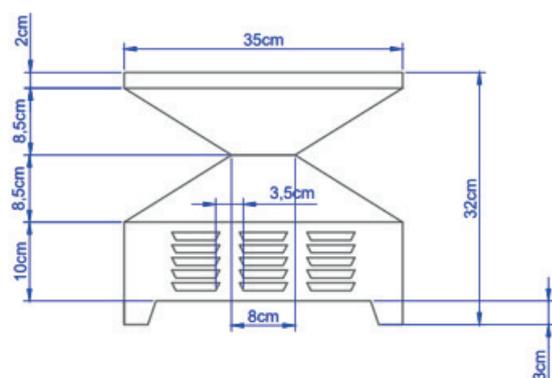


Figura 9. Vista lateral derecha e izquierda del cuerpo de la parrilla

Como se observa en las figuras 11 y 12 la vista inferior es muy similar a la vista superior, la única diferencia es que en esta vista no se cuenta con la agarradera en la parte del medio.

DISCUSIÓN

Se utilizó el carbón de lapacho debido a que es el más comercial de todos, y por lo tanto, idóneo para probar la parrilla.

Se realizó la prueba tomando en cuenta las condiciones y factores principales que se tuvieron en las pruebas realizadas en el método de encendido común.

Características del carbón de Lapacho

Temperatura ambiente: 20°C, velocidad del viento = 11 km/h, humedad: 17%, presión: 1 atm, altura del carbón a la parrilla): 7 cm, tiempo de encendido del carbón; 9,25 minutos, rendimiento del carbón: 95%

Tabla 1. Temperatura y tiempo de cocción de diferentes tipos de carne en la parrilla de alta eficiencia.

DATOS	TIPO DE CARNE			
	RES	POLLO	PESCADO	CHORIZO
Temperatura, °C	70	74	60	55
Tiempo, min	23,4	61,0	27,9	17,5
Cantidad	1 kg	1 kg	1 unidad	5 unidades

Tabla 2. Análisis comparativo de los métodos de encendido del carbón de lapacho.

Tipo de parrilla	% Rendimiento del carbón	Tiempo de encendido, min.	Tiempo promedio de cocción de alimentos, min
Convencional	78	39,35	52,49
Propuesta	95	9,25	39,95

La parrilla propuesta tiene un mejor desempeño en el tiempo de encendido.

Se procede a describir y analizar la causalidad de factores no justificados:

Como se puede observar en la tabla 2, el rendimiento del carbón en la parrilla propuesta aumenta en relación al método convencional debido a las cualidades de encendido que le proporcionan las entradas de aire en la parte inferior del cuerpo de la parrilla. Una vez encendido el carbón, el aire frío que ingresa por las entradas sigue circulando, lo que ocasiona que

la energía del carbón no pierde intensidad hasta que su volumen se reduce al punto de convertirse en cenizas. Entonces, el aprovechamiento del carbón y su energía es el máximo posible.

Los alimentos pueden cocerse en menor tiempo por la misma razón que la del rendimiento: el aire frío que ingresa por las aberturas de la caja de ventilación ocasiona una constante corriente de energía, por lo que el carbón brinda a los alimentos máxima energía constante durante el periodo de cocción. Por otro lado, debido a la eficiencia y dimensiones de la parrilla, la cantidad de carbón empleado en la prueba es menor en 43% al carbón utilizado en las pruebas de encendido convencional.

Existe mucha complejidad al momento de analizar el comportamiento del carbón en contacto con el fuego debido a la complejidad del análisis del proceso y a la variabilidad de los parámetros a tomar en cuenta. Aun así, el estudio termodinámico indicó que, efectivamente, es posible optimizar el encendido del carbón y mejorar su rendimiento.

Se determinó que el diseño del cuerpo de la parrilla y sus componentes fueron correctos y suficientes para satisfacer a una familia mediana en un solo uso, siendo posible además construir parrillas de menor o mayor tamaño para satisfacer diferentes necesidades.

Se llevó a cabo la construcción de la parrilla de manera correcta más no eficiente debido a la falta de maquinaria moderna en las pequeñas y medianas metalúrgicas utilizadas en su construcción.

Se ejecutaron las pruebas experimentales correspondientes con resultados que comprueban y validan el análisis efectuado. Por otra parte, aunque no fue posible construir la parrilla de la manera deseada que, si se contara con la maquinaria adecuada, sería posible hacerlo, e inclusive, de manera masiva.

REFERENCIAS

Ballesteros, M. N. (2005). Tecnología de proceso y transformación de materiales. Dialnet, 1. Castellon, (18 de Octubre de 2017). Operaciones Unitarias. ECURED, pág. 2.
 Halliday, R. R. (2013). Física vol 1 (Título original en inglés): Physics vol 1. Editorial Continental.
 Miscrét. (2015). Operaciones Unitarias en el mundo. Wordpress, 3.
 Montes, F. (2012). Metodos simples para fabricar carbon vegetal. quito: NIDA.
 Sanchez, J. (2020). Tipos de madera. Ecología verde, 16.
 Sardella, C. D.-D.-M. (2018). Balance de masa. San Juan: FI-UNSJ.
 Sillani. (2019). Tecnología Mecánica Y Materiales. Home about, 6.
 Simon, M. G. (2006). Procedimientos de Mecanizado . Madrid.
 Spielman, P. (1986). Gluing and Clamplng. Sn Diego.
 Ulloa, E. (2011). Propiedades de los metales. Temas para la educación, 56.
 Venavidez, G. (2020). Diagramas en Ingeniería. Wikis, 3.
 Villa, D. (2017). Tecnologías y líneas. Quito: Clextal.

CITA

