

Análisis de eficiencia en hornos mejorados para la producción de rosquillas en la ciudad de Condega, en el año 2020.

**Jeffry Alexander Castillo Rugama
Rommel Francisco Umanzor Martínez**

Juan Alberto Betanco Maradiaga

RESUMEN

La cocción de rosquillas constituye una importante fuente de ingresos para familias en el norte de Nicaragua. El análisis energético de los hornos que se utilizan para la producción de rosquillas, tanto de hornos mejorados como tradicionales es el propósito del presente estudio. El diseño experimental consistió en analizar 6 hornos: tres tradicionales y tres mejorados situados en Condega municipio de Estelí durante el año 2020, realizando cuatro repeticiones de mediciones. El presente estudio se realiza mediante un enfoque Filosófico de Investigación cuantitativo, basado en el paradigma positivista. El método utilizado es deductivo, mediante técnicas como la entrevista estructurada, mediciones experimentales de temperatura y emisiones de CO₂ en la infraestructura del horno durante el proceso de cocción de las rosquillas, cálculos matemáticos de transferencia de calor por convección del barril del horno, paredes verticales, calor disipado en la chimenea, transferencia de calor por radiación, calor generado por la combustión y correlación de Pearson para comprobar la existencia o no de correlaciones entre las diversas variables . Se logró comprobar la hipótesis de que los hornos mejorados tienen mayor eficiencia energética que los hornos tradicionales con un 66.8 % y 21.4 % respectivamente. Los hornos mejorados presentan menor emisión de CO₂ que los hornos tradicionales. Los hornos mejorados consumen menor cantidad de leña que los hornos tradicionales. Los hornos mejorados perjudican menos la salud que los tradicionales ya que producen menor cantidad de humo.

Palabras claves: Eficiencia energética, transferencia de calor, hornos mejorados y emisiones de CO₂

ABSTRACT

Donut cooking is an important source of income for families in northern Nicaragua. The energy analysis of the ovens that are used for the production of donuts, both from improved and traditional ovens is the purpose of this study. The experimental design consisted of analyzing 6 ovens: three traditional and three improved located in Condega, Estelí municipality during 2020, carrying out four repetitions of measurements. The present study is carried out using a quantitative Philosophical Research approach, based on the positivist paradigm. The method used is deductive, through techniques such as structured interview, experimental measurements of temperature and CO₂ emissions in the oven infrastructure during the donut cooking process, mathematical calculations of heat transfer by convection of the oven barrel, vertical walls., heat dissipated in the chimney, heat transfer by radiation, heat generated by combustion and Pearson's correlation to verify the existence or not of correlations between the various variables. It was possible to verify the hypothesis that improved ovens have higher energy efficiency than traditional ovens with 66.8% and 21.4% respectively. Improved ovens have lower CO₂ emissions than traditional ovens. Improved ovens consume less wood than traditional ovens. Improved ovens are less damaging to health than traditional ones as they produce less smoke.

Keywords: Energy efficiency, heat transfer, improved furnaces and CO₂ emissions

INTRODUCCIÓN

La leña es una de las principales fuentes de energía en Nicaragua. El uso de leña con fines energéticos ha provocado procesos de deforestación y deterioro de los recursos naturales. A nivel local el consumo de leña por parte de ciertos sectores ha aumentado. Es esencial el desarrollo y adaptación de tecnologías que disminuyan la deforestación y las emisiones por el uso de leña.

Nicaragua espera reducir el consumo de leña para cocinar en los hogares del 45,8 % en la actualidad, hasta 10 % para los próximos siete años, informó el ministro nicaragüense de Energía y Minas, Emilio Rappaccioli (Confidencial, 2013). En Nicaragua existen 800.000 hogares (entre urbanos y rurales) que consumen leña de manera no sostenible, lo que equivale a unos dos millones de personas expuestas a padecer diversas enfermedades pulmonares, advirtió el funcionario.

El 80 % de la leña que se usa en Nicaragua es para la elaboración de alimentos y el 20 % para actividades productivas, según datos del Ministerio de Energía y Minas. Rappaccioli dijo que prevén entregar entre 800.000 y un millón de estufas “eficientes” en el país, aunque no especificó fecha.

Anotó que el consumo de leña para cocinar en Nicaragua (45,8 %), compite con el consumo

de derivados de petróleo (41 %). También advirtió que las cocinas tradicionales desperdician un 60 % del calor que genera la leña, debido en su mayoría al mal diseño.

La idea, explicó el funcionario, es producir la misma cantidad de alimentos, pero con menor contaminación al aire (Diario El Mundo, 2013)

Los hornos tradicionales en la actualidad consumen mayor cantidad de leña, trayendo consigo emisiones de CO₂, provocando efectos invernaderos y daños irreversibles en ambiente. A partir de las tecnologías renovables se ha dado paso a la implementación de hornos mejorados debido a su rendimiento térmico y a su bajo consumo de leña de igual manera a la baja cantidad de CO₂ que produce durante su proceso de ebullición.

La presente investigación tiene como objetivo general: Analizar la eficiencia energética de hornos mejorados para la producción de rosquillas en la ciudad de Condega, año 2020. A través de este estudio se pretende conocer el cambio que traerá el uso de hornos mejorados suplantando a hornos tradicionales, tanto en lo económico, social, salud y ambiental que este tipo de tecnologías esta accionando en las familias que están optando por adquirir hornos mejorados. De acuerdo al método de investigación el presente estudio es observacional y experimental (Piura, 2006). El estudio pertenece a las líneas de investigación 2 de Biomasa y 4 de Eficiencia Energética, indicadas por la Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí, FAREM ESTELI.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo al *método de investigación* el presente estudio es cuantitativo usando métodos observacional y experimental, debido a que se midieron mediante experimento los parámetros físicos y térmicos y según el nivel de profundidad del conocimiento es descriptivo (Piura, 2006), ya que caracterizara los hornos mejorados. De acuerdo a la clasificación de Hernández, Fernández y Baptista (2014), el tipo de estudio es correlacional ya que se estudió la relación entre las variables de los hornos.

Para determinar las características físicas y técnicas que presentan los hornos mejorados de la ciudad de Condega, se implementaron entrevistas a los propietarios para conocer los materiales utilizados en la construcción de los hornos y sobre el consumo de leña y producción de rosquillas que tenían con el horno tradicional y ahora con el horno mejorado. Se realizó una visita observacional para corroborar que la estructura del horno estuviese en buen estado.

En el aspecto experimental se compararon técnicamente los parámetros de eficiencia energética de los hornos mejorados y hornos tradicionales, se realizaron mediciones de temperatura en exterior e interior a los dos tipos de hornos utilizando un termómetro láser para conocer el flujo calorífico, se utilizó un medidor de CO₂ a una distancia de 1.5 metros del horno, el cual se obtuvieron datos que mostraron que el horno mejorado produce menos gases de efecto invernaderos que el tradicional, se hizo uso de pesas para conocer el volumen de materia prima que se insertara dentro de los hornos(leña, alimentos), se pesaron los residuos de leña (ceniza).

Como aporte del estudio se elaboró metodología para el mantenimiento preventivo considerando los siguientes aspectos: el manejo adecuado de la materia prima, aprovechamiento térmico, limpieza y mejoramiento de diseño.

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

En relación a las características físicas y técnicas que presentan los hornos mejorados de la ciudad de Condega

Características físicas

La tierra es mejorada y contiene zacate, estiércol de vacas, agua de pitaya, guácimo, dulce, para tener un mejor rendimiento en el horno.

El horno cuenta con las siguientes medidas 1.50 m de piso a techo del horno, 1 m de largo, 18 cm de grosor de pared, 30 cm de alto y 35 cm de ancho en la cámara de combustión (figura 1).

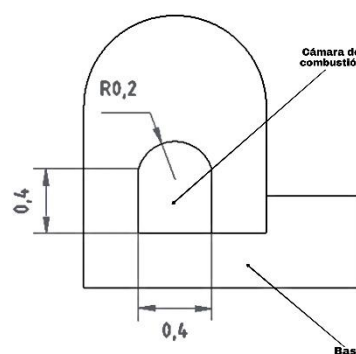


Figura 1. Cámara de combustión

Para la generación de calor se coloca un barril con las siguientes dimensiones: 1 m de alto y un radio de circunferencia de 40cm (figura 2)

El horno mejorado posee chimenea la cual es utilizada para darle salida a los gases generados del horno.

Este tipo de horno contiene un espacio entre el barril y la pared esto para tener una mejor circulación del fuego y se pueda mantener mucho más la temperatura.

Los hornos se deben construir de este a oeste para evitar que el aire afecte el encendido del horno.

Figura 2. Esquema de las características físicas de un horno mejorado

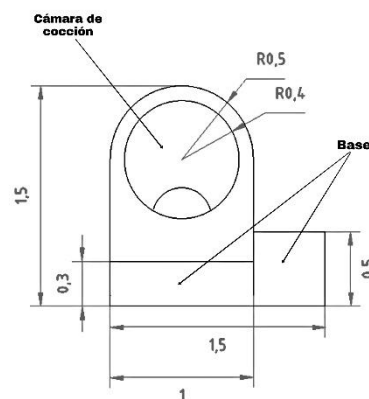


Figura 2. Esquema de las características físicas de un horno

Características técnicas:

Las características técnicas se han determinado mediante la recolección de datos de temperaturas y pesos de la materia prima (figura 3):

La capacidad máxima de cazolejas dentro del horno son 2 conteniendo 40 rosquillas en cada una de ella. El consumo es de 9 unidades de leña. Temperaturas máximas en el interior del horno comprende entre 280 °C y 296 °C. Temperaturas máximas en cámara de combustión es de 299 °C. Su producción máxima es de 30 cazolejas por encendido.

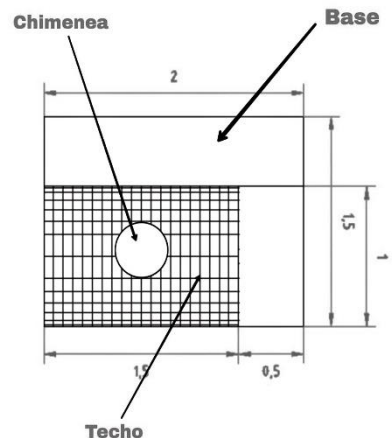


Figura 3. Estructura física de un horno mejorado

Figura 3. Estructura física de un horno mejorado

La Comparación técnica de los parámetros de eficiencia energética de los hornos mejorados y hornos tradicionales se realizaron de la forma siguiente:

Cámara de cocción de hornos mejorados – tradicionales

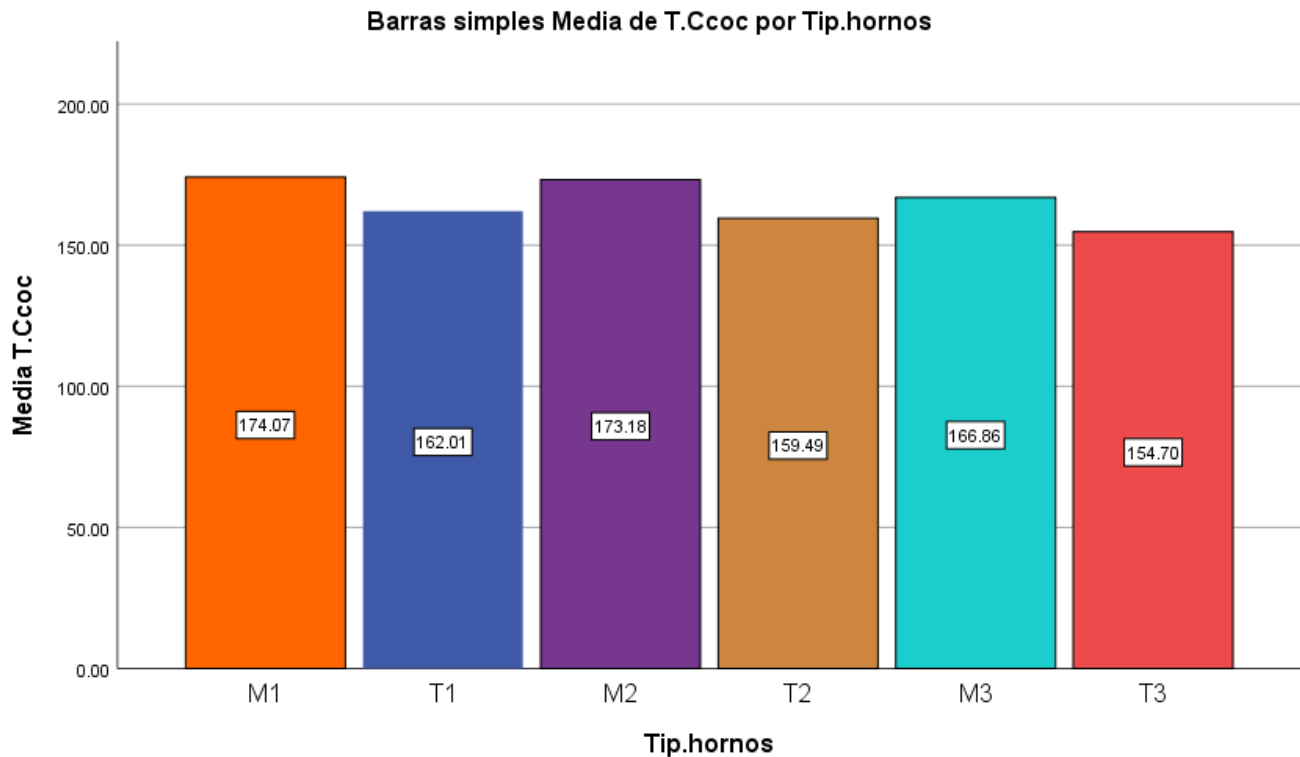


Figura 4. Comparativa de las Temperaturas (°C) de la cámara de cocción de hornos mejorados – tradicionales. M Horno mejorado . T Horno tradicional.

Las temperaturas medias diarias de la cámara de cocción en los Hornos mejorado son más altas debido a que su estructura esta mejor conservada y está separada de la cámara de combustión, por tanto, preserva por más tiempo el calor en comparación a los hornos tradicionales (figura 4).

Las temperaturas medias en la cámara de combustión serán más altas mientras más hermética se encuentre.

Cámara de combustión de hornos mejorados – tradicionales

Las emisiones de Dióxido de carbono son menores en los hornos mejorados ya que se utiliza menos cantidad de leña, que la necesaria en los hornos convencionales (figura 5).

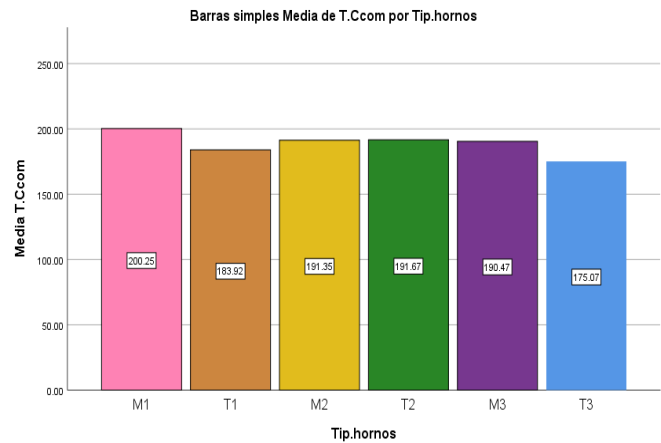


Figura 5. Temperaturas (°C) de cámara de combustión de hornos mejorados –

Peso de la leña en hornos mejorados- tradicionales.

Los hornos tradicionales utilizan mayor cantidad de leñas en relación a los hornos tradicionales

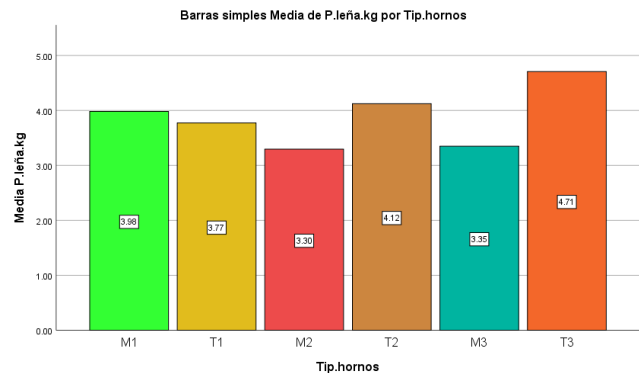


Figura 6. Peso de la leña en hornos mejorados - tradicionales.

Peso de la leña en ceniza en hornos mejorados- tradicionales.

El total de los residuos de cenizas en los hornos mejorados en comparación a los hornos tradicionales, los mejorados producen una cantidad muy baja que los tradicionales, esto se debe a su bajo consumo de masa (leña), a la hora de combustión los hornos tradicionales generan cantidades altas en cenizas debido a su eficiencia al no ser buena necesita masa o combustible para poder aumentar su temperatura (figura 7).

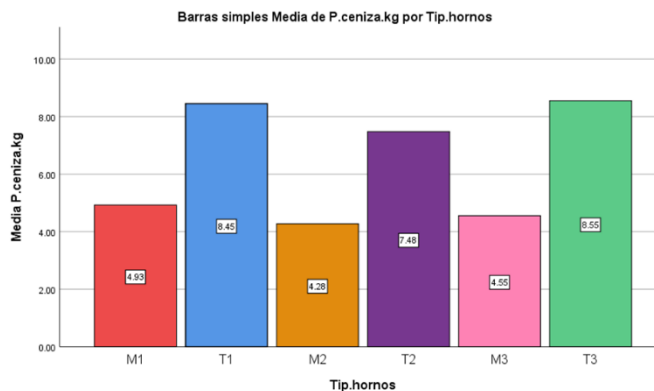


Figura 7. Peso de la leña en cenizas para hornos mejorados- tradicionales.

Humedad de la leña en hornos mejorados- tradicionales.

La poca humedad en la leña de combustión de hornos mejorados se debe a su bajo consumo de esta, provocando una menor cantidad de cenizas después de la combustión, en cambio los hornos tradicionales su nivel de humedad es alto comparado con los hornos mejorados, esto se debe a su gran cantidad de leña consumida a la hora de combustión (figura 8).

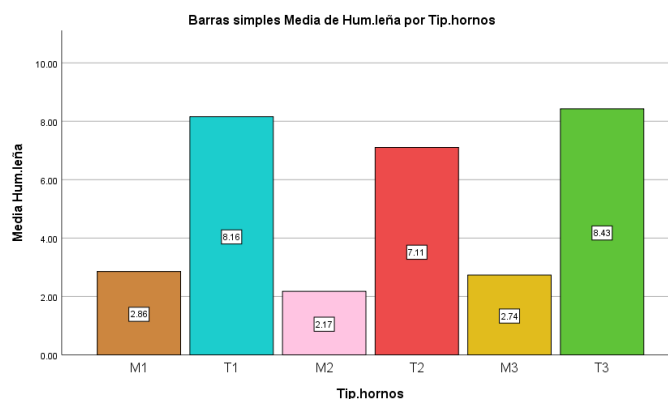


Figura 8. Humedad de la leña en hornos mejorados - tradicionales.

Para determinar la eficiencia de los hornos mejorados y los hornos tradicionales se realizaron los siguientes cálculos:

Cálculo de eficiencia para un horno mejorado

Son necesarios parámetros como calor específico del barril, masa, conductividad térmica, coeficiente de transferencia de calor área y temperaturas (tabla 1).

Tabla 1. Datos para calcular el calor del barril en un horno mejorado.

Calor específico Ce, (J/kg. K)	Masa (kg)	Conductividad térmica. (k)	Longitud (L)	Coefficiente de transferencia de calor por convección (h) W/(m ² K)	Temperatura ambiente (T _∞)	Temperatura en cámara de combustión (T _c)	Área (m ²)
450	16	79.5	0.8 m	7200	25 °C-298 K	274 °C-574 K	0.4315

El calor del barril se calculará de la siguiente manera:

$$Q_{barril} = Ah_c(\Delta T)$$

$$Q_{barril} = ANu(\Delta T)$$

$$Q = mCe\Delta T$$

$$Q = (16 \text{ kg})(450 \text{ J/kg})(249 \text{ K})$$

$$Q = 1792800 \text{ J}$$

$$h = \frac{Q}{\Delta T}$$

$$h = \frac{1792800 \text{ J}}{249}$$

$$h = 7200$$

$$Nu = \frac{hL}{K}$$

$$Nu = \frac{7200(0.8m)}{79.5 \text{ W/m.K}}$$

$$Nu = 72.45282$$

$$Q_{barril} = ANu(\Delta T)$$

$$Q_{barril} = (0.4315 \text{ m}^2)(72.4528)(249 \text{ k})$$

$$Q_{barril} = 7784.5824 \text{ W/m}^2$$

Paredes verticales del horno

Para el calor de las paredes verticales son necesarios la viscosidad cinemática, temperatura ambiente y de la cámara de combustión, así como la conductividad térmica del aire (tabla 2).

Tabla 2. Datos específicos del aire

Viscosidad cinemática ν^2 (m ² /s)	Temperatura ambiente (T _∞)	Temperatura en la cámara de combustión (T _c)	Conductividad térmica del aire (k)
1.562x10 ⁻⁵	25 °C- 298 K	274 °C- 574 K	0.02551

$$X = \left[\frac{Gr(\gamma^2)}{\left(\frac{\Delta T}{T}\right)g} \right]^{1/3}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{\infty,k}} \quad \beta = \frac{1}{(298 \text{ k})(0.02551 \text{ w/m. K})} = 0.1290 \text{ w}$$

$$Gr_x = \frac{(\beta \Delta T) g x^3}{\gamma^2}$$

$$Gr_x = \frac{(0.1290 * 249)(9.8 m^2/s^2)(0.08m)}{(1.562 \times 10^{-5})^2} = 1.03215058 \times 10^{12}$$

$$hc = 1.3(\Delta T)^{1/3} \quad (10^9 < Gr_x < 10^{12})$$

$$hc = 1.3\left(\frac{249 K}{0.8m}\right)^{0.33} = 8.8083$$

$$hc = 1.07(\Delta T)^{1/4}$$

$$hc = 1.07\left(\frac{249 K}{0.8m}\right)^{0.25} = 4.494290$$

$$h = \frac{1}{L} \int_0^L hc \, dx = \frac{1}{L} \int_0^L 1.07(\Delta T/x)^{1/4} dx + \int_0^L 1.3(\Delta T)^{1/3} dx$$

$$h = \frac{1}{0.8m} \int_0^{0.8} 4.494290 + \int_0^{0.8} 8.8083$$

integración de los datos

$$4.494290 x + 8.8083 x$$

$$4.494290 (0.8) + 8.8083 (0.8)$$

$$3.595432 + 7.04664$$

$$10.642072$$

$$h = 1.25(10.642072)$$

$$h = 13.30259$$

Calor de las paredes

$$Q_{paredes} = hA\Delta T$$

$$Q_{paredes} = (13.30259)(0.4315m^2)(249 K)$$

$$Q_{paredes} = 1429.276829 W/m^2$$

Evacuación de humo en el horno.

Para calcular el área de la chimenea se utilizará la ecuación que se presenta a continuación:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = (3.1516)(0.07m^2)$$

$$A = 0.015m^2$$

$$Q_{chimenea} = hA\Delta T$$

$$Q_{chimenea} = (13.30259)(0.015m^2)(249 K)$$

$$Q_{chimenea} = 49.68517365 W/m^2$$

Transferencia de calor por radiación

Para determinar la transferencia de calor por radiación son necesarios la emisividad del hierro, la constante de Boltzmann y las temperaturas (tabla 3)

Tabla 3. Datos técnicos para calcular la transferencia de calor por radiación

Emisividad del hierro (ϵ)	Constante de Stefan-Boltzmann. (σ) $w/m^2 \cdot K^4$	Temperatura ambiente $^{\circ}C - k$	Temperatura cámara de cocción $^{\circ}C - k$
0.740	5.67×10^{-08}	25 $^{\circ}C - 298 K$	200 $^{\circ}C - 473 K$

$$Q_{rprod} = Ahrprod(Tc - Tamb)$$

Antes de calcular el calor por radiación del producto se calculará hrprod

$$h_{rprod} = \epsilon\sigma(Tc^2 + Tamb^2)(Tc + Tamb)$$

$$h_{rprod} = (0.740)(5.67 \times 10^{-08} w/m^2 \cdot K^4)(473 K^2 + 298 K^2)(473 K + 298 K)$$

$$h_{rprod} = (4.1958 \times 10^{-08})(312533)(771) = 10.110323$$

Habiendo calculado la h_{rprod} se puede calcular el calor del producto de la siguiente manera:

$$Q_{rprod} = Ahrprod(Tc - Tamb)$$

$$Q_{rprod} = (0.08 m^2)(10.110323)(175 k) = 1415.44522 w/m^2$$

Calor generado.

Cálculo de la masa

Masa= 20.6 kg

Tiempo= 3.5 hrs

$m = dm/dt$

$m = 20.6 \text{ kg} / 3.5 \text{ hrs}$

$m = 5.8857$

Poder calorífico de la leña: 2700 kj/kg

$$Q_{gen} = PC \cdot m$$

$$Q_{gen} = (2700 \text{ kj/kg})(5.8857 \text{ kg/hr})$$

$$Q_{gen} = 15891.42857$$

Eficiencia del horno.

$$\eta = \frac{\sum Q_{barril} + \sum Q_{paredes} + \sum Q_{rprod}}{Q_{gen}}$$

$$\eta = \frac{7784.5824 W/m^2 + 1429.276829 W/m^2 + 1415.44522 w/m^2}{15891.42857}$$

$$\eta = \frac{10629.3044}{15891.42857} = 0.6688$$

$$\eta = 66.8\%$$

como resultado de los cálculos aplicados a un horno mejorado tendremos que la eficiencia es de 66.8%.

Cálculo de eficiencia para un horno tradicional.

Tabla 4. Datos recolectados para calcular la eficiencia de un horno tradicional

Viscosidad cinemática ν^2 (m ² /s)	Temperatura ambiente (T _∞)	Temperatura en la cámara de combustión (T _c)	Conductividad térmica del aire (k)
1.562x10 ⁻⁵	24 °C- 297 K	284 °C- 557 K	0.02551

$$X = \left[\frac{Gr(\nu^2)}{\left(\frac{\Delta T}{T}\right)g} \right]^{1/3}$$

$$\beta = \frac{1}{T_{\infty} \cdot k} \quad \beta = \frac{1}{(297 \text{ k})(0.02551 \text{ w/m} \cdot \text{k})} = 0.131987 \text{ w}$$

$$Gr_x = \frac{(\beta \Delta T) g x^3}{\nu^2}$$

$$Gr_x = \frac{(0.131987 * 260)(9.8 \text{ m}^2/\text{s}^2)(0.7 \text{ m})}{(1.562 \times 10^{-5})^2} = 9.648650209 \times 10^{11}$$

$$hc = 1.3(\Delta T)^{1/3} \quad (10^9 < Gr_x < 10^{12})$$

$$hc = 1.3\left(\frac{260 \text{ k}}{0.7 \text{ m}}\right)^{0.33} = 9.1622$$

$$hc = 1.07(\Delta T)^{1/4}$$

$$hc = 1.07\left(\frac{260 \text{ k}}{0.7 \text{ m}}\right)^{0.25} = 4.6973$$

$$h = \frac{1}{L} \int_0^L hc \, dx = \frac{1}{L} \int_0^L 1.07(\Delta T/x)^{1/4} dx + \int_0^L 1.3(\Delta T)^{1/3} dx$$

$$h = \frac{1}{0.7 \text{ m}} \int_0^{0.7} 4.6973 \, dx + \int_0^{0.7} 9.1622 \, dx$$

integración de los datos

$$4.6973 \, x + 9.1622 \, x$$

$$4.6973 (0.7) + 9.1622(0.7)$$

$$3.2881 + 6.4135$$

$$= 9.7016$$

$$h = 1.42(9.7016)$$

$$h = 13.7762$$

Calor de las paredes.

$$Q_{paredes} = hA\Delta T$$

$$Q_{paredes} = (13.7762)(0.3216m^2)(260 k)$$

$$Q_{paredes} = 1151.9107 W/m^2$$

Evacuación de humo en el horno.

Para calcular el área de la chimenea se utilizará la ecuación que se presenta a continuación:

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$A = (3.1516)(0.09m^2)$$

$$A = 0.025m^2$$

$$Q_{chimenea} = hA\Delta T$$

$$Q_{chimenea} = (13.7762)(0.025m^2)(260 k)$$

$$Q_{chimenea} = 89.5453W/m^2$$

Transferencia de calor por radiación.

Tabla 5. Datos para calcular la transferencia de calor por radiación en un horno tradicional.

Emisividad del ladrillo (ϵ)	Constante de Stefan-Boltzmann. (σ) w/m ² . K ⁴	Temperatura ambiente °C - k	Temperatura cámara de cocción °C - k
0.930	5.67×10^{-08}	24 °C - 297 K	284 °C - 557 K

$$Q_{rprod} = Ahrprod(Tc - Tamb)$$

Antes de calcular el calor por radiación del producto se calculará h_{rprod} .

$$h_{rprod} = \epsilon\sigma(Tc^2 + Tamb^2)(Tc + Tamb)$$

$$h_{rprod} = (0.930)(5.67 \times 10^{-08} w/m^2 \cdot K^4)(557 k^2 + 297 k^2)(557 k + 297 k)$$

$$h_{rprod} = (5.2731 \times 10^{-08})(398458)(854) = 17.9434$$

Habiendo calculado la h_{rprod} podremos calcular el calor del producto de la siguiente manera:

$$Q_{rprod} = Ahrprod(Tc - Tamb)$$

$$Q_{rprod} = (0.08m^2)(17.9434)(260 k) = 3732.227 w/m^2$$

Calor generado.

Cálculo de la masa

Masa= 30 kg

Tiempo= 3.5 hrs

$m = dm/dt$

$m = 30 \text{ kg} / 3.5 \text{ hrs}$

$m = 8.5714$

Poder calorífico de la leña: 2700 kj/kg

$$Q_{gen} = PC \cdot m$$

$$Q_{gen} = (2700 \text{ kJ/kg}) (8.5714 \text{ kg/hr})$$

$$Q_{gen} = 23142.8571$$

Eficiencia del horno.

$$\eta = \frac{\sum Q_{paredes} + \sum Q_{chimenea} + \sum Q_{rprod}}{Q_{gen}}$$

$$\eta = \frac{1151.9107 \text{ W/m}^2 + 89.5453 \text{ W/m}^2 + 3732.227 \text{ w/m}^2}{23142.8571}$$

$$\eta = \frac{4973.683}{23142.8571} = 0.2149$$

$$\eta = 21.4\%$$

Se obtuvo un resultado para la eficiencia energética del horno tradicional de 21.4%.

Mediante correlación estadística de Pearson se comprobaron correlaciones de las variables

Tabla 6. correlación de variables de eficiencia de hornos mejorados y hornos tradicionales.

Correlaciones

		T. Ccoc	T. Ccom	E.CO2.PP M	P. leña.kg	P. ceniza.kg	Hum. Leña
T. Ccoc	Correlación de Pearson	1	.550**	-.398	-.194	-.266	-.298
	Sig. (bilateral)		.005	.054	.365	.208	.157
	N	24	24	24	24	24	24
T. Ccom	Correlación de Pearson	.550**	1	-.586**	-.234	-.503*	-.472*
	Sig. (bilateral)	.005		.003	.270	.012	.020
	N	24	24	24	24	24	24
E.CO2.PP M	Correlación de Pearson	-.398	-.586**	1	.527**	.782**	.658**
	Sig. (bilateral)	.054	.003		.008	.000	.000
	N	24	24	24	24	24	24
P. leña.kg	Correlación de Pearson	-.194	-.234	.527**	1	.708**	.621**
	Sig. (bilateral)	.365	.270	.008		.000	.001
	N	24	24	24	24	24	24

P. ceniza.kg	Correlación de Pearson	-0.266	-.503*	.782**	.708**	1	.880**
	Sig. (bilateral)	.208	.012	.000	.000		.000
	N	24	24	24	24	24	24
Hum. Leña	Correlación de Pearson	-.298	-.472*	.658**	.621**	.880**	1
	Sig. (bilateral)	.157	.020	.000	.001	.000	
	N	24	24	24	24	24	24

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Mediante las pruebas estadísticas de Pearson, se puede conocer que la relación entre las variables de temperatura de la cámara de cocción y la temperatura de la cámara de combustión es significativa ya que posee 0.005 siendo menor a 0.05, ambas variables son directamente proporcional ya que a mayor temperatura en la cámara de combustión también aumenta la temperatura en la cámara de cocción.

Según la correlación entre temperatura en la cámara de cocción y emisiones de CO₂ es significativa debido a que el valor es igual a 0.05, estas variables son inversamente proporcional ya que a mayor temperatura en la cámara de cocción menor generación de CO₂.

De acuerdo a la correlación entre las variables temperatura de la cámara de cocción y el peso de la leña, no es significativa ya que 0.365 es mayor a 0.05, las variables son inversamente proporcionales debido a que a mayor temperatura en la cámara de cocción hay un consumo menor de leña.

No existe correlación entre la variable temperatura en cámara de cocción y peso en ceniza ya que 0.208 es mayor a 0.05, de acuerdo a las variables ambas son inversamente proporcional ya que a mayor temperatura en la cámara de cocción se generará una menor cantidad de ceniza.

La correlación entre las variables de temperatura de la cámara de cocción y la humedad de la leña no es significativa esto se debe a que 0.157 es mayor a 0.05, según las variables estas son inversamente proporcional entre si debido a que, a mayor temperatura en la cámara de cocción, la humedad será menor por ende se quemará más rápido.

La correlación entre la variable temperatura de la cámara de combustión y las emisiones de CO₂ es significativa debido a que 0.003 es menor que 0.05, de acuerdo a las variables ambas son inversamente proporcionales ya que a mayor temperatura en la cámara de combustión habrá una menor de CO₂.

La correlación de las variables temperatura de la cámara de la combustión y peso de la leña no es significativa por lo que 0.270 es mayor que 0.05, según las variables son inversamente

proporcionales entre si debido a que mientras se genera mayor temperatura en la cámara de combustión, el consumo de la leña es menor.

La correlación entre las variables temperatura de la cámara de combustión y peso en ceniza, es significativa ya que 0.012 es menor a 0.05, las variables son inversamente proporcionales entre si ya que a mayor temperatura en la cámara de combustión la generación de ceniza es menor.

La correlación entre las variables temperatura de cámara de combustión y humedad de la leña es significativa por lo que 0.020 es menos que 0.05, de acuerdo con las variables ambas son inversamente proporcionales porque a mayor temperatura en la cámara de combustión es menor la humedad de la leña.

La correlación entre las variables emisiones de CO₂ y peso de la leña es significativa debido a que 0.008 es menor que 0.05. estas variables son directamente proporcionales ya que si las emisiones de CO₂ son elevadas también el peso de la leña será elevado porque entre más leña quemamos más CO₂ habrá.

Según la correlación entre las variables emisiones de CO₂ y peso de la ceniza es significativa dado que 0.000 es menor a 0.05, ambas variables son directamente proporcionales esto se debe a que, a mayores generaciones de ceniza, aumentaran las emisiones de CO₂.

De acuerdo a la correlación entre las variables emisiones de CO₂ y humedad de la leña es significativa por lo que 0.000 es menor que 0.05, de acuerdo a las variables estas son directamente proporcionales ya que, a mayor humedad de leña, mayor es la generación de emisiones de CO₂.

Según la correlación entre las variables peso de la leña y peso de la ceniza es significativa debido a que 0.000 es menor a 0.05, dichas variables son directamente proporcionales entre si esto se debe a que, entre mayor peso de leña, aumenta el peso de las cenizas.

Las correlaciones entre las variables peso de la leña y la humedad de la leña es significativa por lo que 0.001 es menor que 0.05, estas variables son directamente proporcionales esto se debe a que al tener un mayor peso de o un mayor volumen de leña, la humedad aumentara.

La correlación entre las variables peso de la ceniza y la humedad de la leña si es significativa ya que 0.000 es menor a 0.05, ambas variables son directamente proporcionales ya que, al generarse un peso mayor de ceniza, la humedad de la leña aumentara.

Para poder llevar a cabo la investigación sobre el análisis de eficiencia de un horno se debe tener ciertos conocimientos sobre el uso y funcionamiento correcto de dicho horno.

Se propone una guía de mantenimiento preventivo para los hornos.

1. Realizar limpieza dos veces a la semana en cámara de combustión, cámara de cocinado y chimenea, utilizando las siguientes herramientas: escobilla. Primeramente, se limpiará la cámara de cocinado y se lavaran las parrillas que se encuentren dentro del horno, Con

la escobilla se recogerá los desechos de ceniza de la cámara de combustión, luego se dirigirá a la chimenea en donde se deberá introducir la escobilla para retirar los restos de hollín producidos durante en horneado.

2. Inspeccionar cada 4 meses los hornos para hacer mejoras necesarias a la estructura entre estos podría ser: mejorar el aislamiento de las paredes de dichos hornos para mantener el calor con una eficiencia más alta, para esto deberá tener la tierra preparada con los mismos materiales que se han utilizado a la hora de construirlos.
3. cambio de conservante de calor(piedrín) dentro de la cámara de cocinado; para hacer el cambio de piedrín, se debe sacar totalmente del interior del horno, luego se introduce el piedrín nuevo.
4. Se debe utilizar el horno continuamente para evitar que al momento de encenderlo cueste más por el enfriamiento generado por el tiempo que este en reposo.

Estos son los procesos adecuados para darle un mantenimiento correcto a los hornos mejorados y así poder alargar la vida útil.

CONCLUSIONES

Los hornos mejorados poseen mayor eficiencia energética que los hornos tradicionales Los hornos mejorados tienen una eficiencia de un 66.8%, en cuanto que los hornos tradicionales solamente poseen un 21.4%.

Los hornos mejorados están diseñados para aprovechar en gran manera su proceso de combustión, su estructura o sus materiales de aislamiento debido a que mantienen la temperatura en las cámaras de combustión y las filtraciones de calor al exterior son bajas.

El horno mejorado tiene una producción igual a la de un horno tradicional, utilizando menor cantidad de leña que un horno tradicional, esto se debe a que el área a calentar es más reducida y que su estructura contiene elementos que conservan mejor el calor. Los hornos mejorados pretenden mejorar la calidad y producción de rosquillas.

Con el implemento de estos hornos mejorados se reduce la generación de CO₂ y el consumo excesivo de la leña.

RECOMENDACIONES

- Se debe dar uso al horno continuamente para que el funcionamiento sea eficaz.
- Se debe utilizar leña adecuada para un mejor funcionamiento del horno (leña totalmente seca).
- Insertar cuidadosamente la leña al horno para evitar daños en la estructura de este.
- Mantener en buen estado la estructura de techo para evitar daños por lluvias.
- Dar mantenimiento preventivo cada 4 meses en la estructura de los hornos.
- Aislar la puerta de entrada de la cámara de cocinado esto para que el calor generado no se filtre al exterior provocando pérdidas.

- A la hora de encendido del horno no usar materiales derivados de plásticos esto para evitar el exceso de CO₂.

BIBLIOGRAFÍA

- Confidencial. (20 de 9 de 2013). *Confidencial Tv*. Obtenido de Google. Chrome: <https://archivo.confidencial.com.ni/articulo/13888/esperan-reducir-del-45-8-al-10-el-consumo-de-lena-para-cocinar>
- Diario El Mundo, E. S. (19 de Septiembre de 2013). *SICA*. Obtenido de Google.Chrome: <https://www.sica.int/consulta/Noticia.aspx?Idn=81049&idm=1>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. . (2014). *Metodología de la Investigación (Sexta edición ed.)*. Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Inzunza. J. (16 de febrero de 2002). *Introducción a la Mecánica*. Obtenido de Introducción a la Mecánica.: <https://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/docencia.html>
- John Howell, R. B. (1990). *Principios de Termodinamica para Ingenieros*. Mexico: DERECHOS RESERVADOS 0 1990, respecto a la primera edicibn en español por.
- Poveda. (agosto de 2007). *olade.org*. Obtenido de oladeorg: <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0054.pdf>