



EVALUACIÓN COMPARATIVA DE TECNOLOGÍAS DE CALEFACCIÓN EN APLICACIONES INDUSTRIALES

Niyiret Dayanna Martínez Sabogal, Carlos Mario Herrera Fernández, Kevin Daniel Camargo Ruiz, Cristian Camilo Espejo Varela, Andrés Felipe Guerrero Guerrero, Edwin Palacios Yepes, Juan Carlos Tapias Duarte

**Universidad de Cundinamarca
Fusagasugá, Colombia**

Resumen

La demanda generada por sistemas de calefacción en el mundo ha incrementado exponencialmente con el pasar del tiempo, como resultado a la gran utilidad que ofrecen dichos sistemas en procesos industriales y domésticos, con aplicaciones en diversos campos que requieren del incremento de temperatura. En la industria alimenticia se busca satisfacer las necesidades del consumidor, ofreciendo alimentos compuestos que en la mayoría de los casos dependen del calor, de igual manera, se puede emplear un sistema de calefacción para mitigar las poblaciones bacterianas, que pueden existir en los alimentos antes de su distribución, realizando la pasteurización del producto, buscando preservar las propiedades organolépticas con la menor variación posible. En la metalurgia, se busca que el material empleado reaccione a los distintos estados de la materia, para generar nuevas aleaciones, o llevar los metales a su punto de fusión y así manipularlos para posteriormente darles una utilidad.

Debido a esto se han desarrollado diferentes sistemas de calefacción que se pueden categorizar según el tipo de combustible que empleen para funcionar. Entre ellos destacan los sistemas que funcionan con energía eléctrica, los que emplean combustibles fósiles para su operación y los que funcionan con algún tipo de biomasa. La técnica de calentamiento por inducción se considera una tecnología eficiente, ya que transfiere el calor directamente al objeto de interés, brindando seguridad, limpieza, reducción en la contaminación y rapidez de cocción.

Con lo anterior y considerando que en Colombia se evidencia un bajo nivel de utilización de la técnica de calentamiento por inducción en aplicaciones industriales, en este trabajo se llevará a cabo un estudio comparativo de las diferentes técnicas y tecnologías con el fin de determinar las ventajas y desventajas del sistema en cuestión. Los parámetros con los cuales se estará confrontando esta investigación corresponden a la eficiencia, los niveles de emisión que reduzcan los daños ambientales generados, los tiempos de procesos y los costos de implementación. Para lograr el propósito planteado se propone recolectar datos de una serie de experimentos previamente desarrollados que permitan evaluar el comportamiento de los diferentes sistemas en aplicaciones típicas de la industria, modelar las pruebas como planteamiento inicial de los resultados esperados y medir los resultados experimentales correlacionando el desempeño de los cuatro sistemas bajo estudio.

Palabras clave: resistencia eléctrica; calefactor a gas; calefactor por inducción

Abstract

The demand generated by heating systems in the world has increased exponentially with the passage of time, as a result of the great utility that these systems offer in industrial and domestic processes, with applications in various fields requiring temperature increase. The food industry seeks to meet the needs of the consumer, offering compound foods that in most cases depend on heat, in the same way, a heating system can be used to mitigate bacterial populations, that may exist in food before its distribution, carrying out the pasteurization of the product, seeking to preserve the organoleptic properties with the least possible variation. In metallurgy, it is sought that the material used reacts to the different states of matter, to generate new alloys, or to bring the metals to their melting point and thus manipulate them to later give them a utility.

Because of this, different heating systems have been developed that can be categorized according to the type of fuel that this use to operate. These include systems that run on electricity, those that use fossil fuels for their operation and those that operate on some type of biomass. The induction heating technique is considered an efficient technology, since it transfers heat directly to the object of interest, providing safety, cleaning, reduction in pollution and speed of cooking.

Considering that, in Colombia, there is a low level of use of induction heating technology in industrial applications, a comparative study of the different techniques and technologies will be carried out in this work in order to identify the advantages and disadvantages of the system in question. The parameters with which this research will be compared correspond to the efficiency, the emission levels that reduce the environmental damage generated by them, process times and implementation costs.

In order to achieve the stated purpose, it is proposed to collect data from a series of experiments previously developed to evaluate the behavior of the different systems in typical applications of the industry, Model the tests as an initial approach to the expected results and measure the experimental results correlating the performance of the four systems under study.



Keywords: *electrical resistance; gas heater; industrial processes; induction heater*

1. Introducción

Actualmente se cuenta con diversos mecanismos de transformación de energía de diferente naturaleza en energía térmica, los cuales, se pueden clasificar según el tipo de combustible que empleen para realizar la conversión. Principalmente se pueden resaltar los sistemas que funcionan a base de algún gas proveniente de combustibles fósiles, los sistemas que utilizan energía eléctrica como fuente principal y los sistemas que utilizan biomasa. Al realizar comparaciones entre ellos se puede recalcar que las variaciones en las eficiencias son un factor importante a considerar, ya que con él se va a determinar la utilidad final del sistema. Con un sistema que funciona a base de algún combustible fósil como gases licuados del petróleo (GLP), se pueden alcanzar eficiencias cercanas al 40%, mientras que en los sistemas eléctricos se presentan dos tipos de opciones, los sistemas que funcionan por resistencia eléctrica que presentan eficiencias cercanas al 70% y los sistemas que funcionan por inducción electromagnética que pueden alcanzar eficiencias superiores al 90% (Molina, 2015). Adicionalmente, los principios de funcionamiento de los sistemas de inducción permiten el calentamiento de una manera más rápida, precisa, controlable y sin contacto directo. En cuanto al consumo energético, es más ahorrrativo el sistema de calentamiento por inducción que los sistemas de usos común a base de GLP (Kumar & Puranik, 2016). Por otra parte, en los sistemas que funcionan a base de biomasa existen estufas que utilizan pellets como fuente de alimentación ofreciendo una eficiencia cercana al 60% reduciendo la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, este tipo de estufas generan muchos residuos que derivan de la utilización de pellets, aunque no son desechos contaminantes es un factor a considerar debido a que se aumenta el trabajo de limpieza de estos sistemas, además, cabe mencionar que existen gases derivados de biomasa que pueden emplearse como alternativa reemplazando a los gases provenientes de combustibles fósiles, sin aumentar su eficiencia, pero si disminuyendo el daño ambiental de una manera considerable (Fernández, 1994) (Hanifah & Andrianto, 2018).

En cuanto a los costos de producción presentes para desarrollar un sistema de calefacción, se deben considerar diversas variables que permitan obtener el mayor beneficio según el tipo de fuente energética con la que se desee implementar. Según el departamento de energía de Estados Unidos de América, se estima que una cocina que utiliza una fuente por inducción presenta un consumo energético cercano a los 100 kWh al mes, lo que equipara un cilindro de 30lb para obtener una utilidad de 209 kWh al mes (Sweeney et al., 2014). El anterior aspecto trata de parametrizar los gastos energéticos de una vivienda promedio al mes que utilice una cocina por inducción contra una que utilice gas propano, lo que representa claramente la viabilidad energética para los sistemas que funcionen por inducción, frente a uno que funcione a base de gas propano, ya que el sistema por inducción trata de aprovechar la mayor cantidad de energía posible, mientras que con el gas propano se pierde aproximadamente un 60% (Molina, 2015). Al analizar los desarrollos energéticos que se pueden alcanzar con este tipo de sistemas de calefacción, otra variable que se debe incluir es el tiempo que se estima para que un fluido o un sólido pueda alcanzar su punto crítico, por ejemplo, para elevar la temperatura de un fluido como el agua, se estima que una muestra de un litro puede alcanzar su punto de ebullición con una variación notable dependiendo del sistema de calefacción, es decir, si se desea calentar por inducción la muestra



tardará aproximadamente 4 minutos con 45 segundos en pasar de una temperatura ambiente que rodea los 25C° a 100C° (Molina, 2015), mientras que utilizando fuentes provenientes de GLP este tiempo aumenta a 8 minutos con 18 segundos para realizar el mismo cambio de temperatura lo que deja una utilidad del 54.4% para los sistemas que funcionan a base de inducción en cuanto al tiempo de cocción se refiere.

El costo de dichas fuentes energéticas tiene alzas y bajas dependiendo el costo de obtención que generan estos productos en el país. No obstante, la proyección que se espera en el tema ambiental no es muy alentadora en el desarrollo de sistemas a base de gases, sin mencionar que al estar buscando solucionar problemas energéticos implementando combustibles fósiles, se está aumentando peligrosamente la contaminación por emisiones de gases tóxicos al medio ambiente, al mismo tiempo que se orilla al país a depender de un recurso fósil costoso (Molina, 2015) (Franco, 2013). Con relación a ello el desarrollo tecnológico no ha avanzado mucho en el aspecto de obtención de energía térmica a base de electricidad en el país, debido a que es un campo en el cual no se ha profundizado gracias a que la demanda actual está centralizada en la obtención de energías de formas convencionales, ya que son técnicas “confiables”, sin embargo, los problemas ambientales que se han presentado en el último siglo debido a dichas prácticas, exigen un cambio decisivo que impulse el desarrollo energético en procesos industriales sin comprometer el medio ambiente (Tortajada et al., 2001). Actualmente no hay investigaciones confiables que aporten parámetros de diseño eficientes que garanticen la viabilidad de sistemas de conversión térmica empleando electricidad, siendo esta una muy buena opción para impulsar este tipo de sistemas ya que presentan eficiencias superiores ante otros sistemas utilizados hoy en día, lo que reduce pérdidas de energía y a su vez reducen la presencia de contaminantes, debido a que no se involucran combustiones químicas que produzcan gases o residuos tóxicos potencialmente peligrosos para el medio ambiente, todo lo contrario, hay estudios que demuestran la viabilidad de las plantas de energía solares, lo cual a largo plazo reducirá aún más el daño ambiental por emplear energías eléctricas (Egusquiza, 2020).

Por esta razón, en este artículo se propone una evaluación comparativa de las tecnologías de cocción eléctrica convencional (resistiva), biomasa, gas natural e inducción con el fin de, evaluar los parámetros de eficiencia, niveles de emisión, tiempos de procesos y costos de implementación.

2. Metodología

Se identificaron investigaciones que evidenciaban resultados experimentales de las diversas tecnologías de calefacción en aplicaciones industriales. En estas se determinan las condiciones aplicadas por los autores en sus experimentos con el fin de garantizar una comparación en contextos similares, ya sea hirviendo agua o preparando alimentos, mediante gráficas y tablas se darán a conocer los resultados, se darán conclusiones sobre las ventajas de la tecnología y, por último, se discutirá acerca del método que presente mejores condiciones de los parámetros a evaluar.



3. Resultados y análisis

Un estudio comparativo entre la eficiencia y la capacidad de producción hecha por (Salazar, 2010) sobre las tecnologías de cocción eléctricas de resistencia, a gas e inducción, fueron probadas experimentalmente y luego, validadas mediante un software llamado "Eficiencia". La cocina de inducción fue conectada a la red doméstica y la cocina a gas a una pipeta de suministro a 29 mbar, estas fueron monitoreadas funcionando a capacidad máxima, calentando agua y alimentos desde una temperatura de 15°C hasta 85°C. En la Figura 1, se evidencia que, en la primera prueba, la cocina de inducción tiene una mayor eficiencia del 80.6% con respecto a las demás. En cuanto a la cocción de alimentos se realizaron las pruebas durante cuatro días, con el mismo peso e iniciando al mismo tiempo, un chef se encargaba de determinar cuando el alimento estuviera cocido y se registraba el tiempo y el consumo, los resultados del consumo y costo total se muestran en la Tabla 1. Se hizo una prueba para validar los resultados en el software, elevando la temperatura de 3 litros de agua en la misma proporción, en la Figura 2, se puede apreciar y verificar que la cocina de inducción tiene una mayor eficiencia, un menor consumo de energía, de costos y de tiempo de proceso comparada con la cocina a gas y eléctrica (resistencia). Sin embargo, la estufa por pellets presenta un costo menor a las demás alternativas y a su vez genera menor contaminación, debido a que emplea biomasa como fuente principal de energía. No obstante, emplear estufas por inducción sigue siendo una mejor alternativa en relación de eficiencia y utilidad.

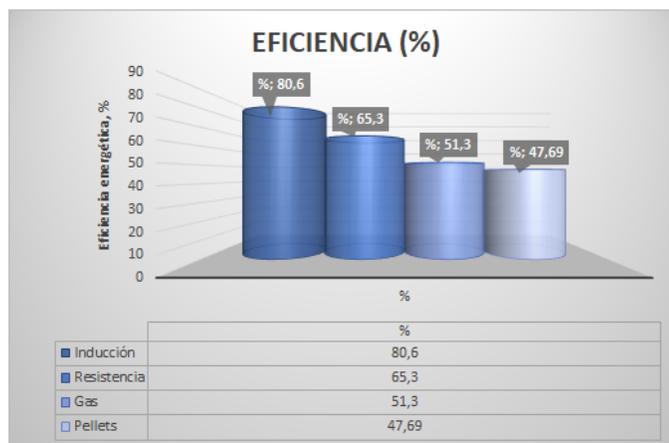


Figura 1. Eficiencia de las tecnologías de inducción puestas a prueba. Fuente: Salazar, J. (2010). Estudio Técnico-Comparativo Para La Introducción De Cocinas Eléctricas De Inducción Magnética En El Ecuador. 71-75. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2165/1/CD-2931.pdf>.

Tabla 1. Resultados de la cocción de alimentos

Cocina	Consumo energético (kWh)	Costo (USD)
Inducción	4.94	0.411
Resistencia	6.12	0.508
Gas	8.17	0.594

Fuente: Salazar, J. (2010). Estudio Técnico-Comparativo Para La Introducción De Cocinas Eléctricas De Inducción Magnética En El Ecuador. 71-75. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2165/1/CD-2931.pdf>.



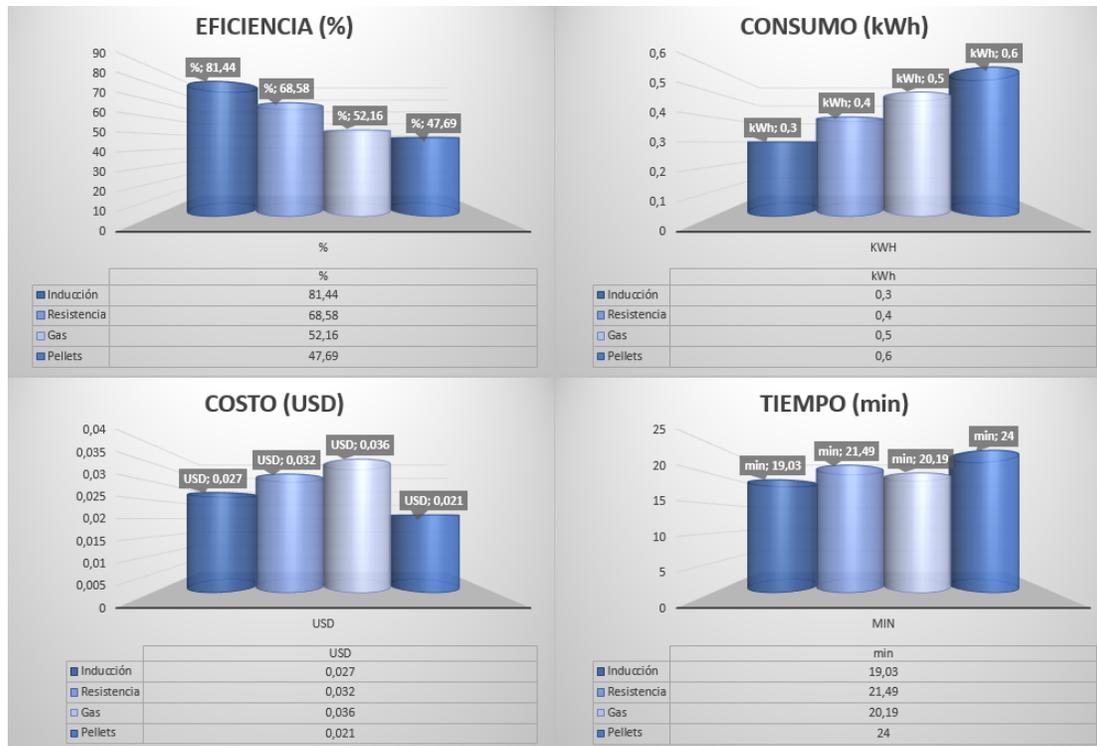


Figura 2. Resultados con el software “Eficiencia” de la eficiencia, el consumo, el costo y el tiempo de proceso de las técnicas de calentamiento. Fuente: Salazar, J. (2010). Estudio Técnico-Comparativo Para La Introducción De Cocinas Eléctricas De Inducción Magnética En El Ecuador. 71–75. <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2165/1/CD-2931.pdf>.

Estudios realizados por el Departamento de Energía de los EEUU (DOE) determinaron la eficiencia de diferentes tipos de cocinas cuyos resultados se presentan en la Tabla 2. Con base a estos resultados de los factores de eficiencia energética, surge una serie de análisis de costos de los tipos de cocina de gas (GLP), inducción y eléctrica convencional realizados por (Franco, 2013) considerando una tarifa promedio de energía del Consejo Nacional de Electricidad – CONELEC para clientes residenciales de Estados Unidos, en el cual consistía en hervir 10 litros de agua a una temperatura de 25°C, en el cual se obtuvieron los resultados de la Tabla 2.

Tabla 2. Eficiencia de los tipos de cocinas y parámetros clave que determinan los costos.

Parámetro	Cocina a gas GLP	Cocina por inducción	Cocina eléctrica convencional
Eficiencia	40%	84%	74%
Unidad definida	Cilindro de GLP 15 kg	1 kWh	1 kWh
Energía por unidad	722.223 kJ	3600 kJ	3600 kJ
Unidades para hervir 10 litros de agua	0.0109 cilindro	1.0384 kWh	1.1787 kWh
Costo por unidad GLP internacional 15 USD/cilindro	\$16.35 USD	\$9.979 USD	\$11.327 USD

Fuente: Franco, A. T. (2013). COCINA DE INDUCCIÓN VERSUS COCINA A GAS (GLP). 8–14.



Se realizó un estudio experimental de un prototipo de calentador de agua para mantener constante la temperatura en un intervalo de tiempo, se realizó mediante un sistema de calefacción por inducción electromagnética, que consta de un sistema de control y monitoreo de temperatura. Posteriormente se hizo una comparación entre tres métodos de calentamiento, (Tabla 3) y, finalmente una comparación adicional con un calentador de agua comercial (Torres, 2018). Para las pruebas de consumo eléctrico y tiempo requerido se elevó la temperatura con la misma cantidad de agua hasta llegar a las temperaturas de referencia (30°C, 40°C y 50°C) (Torres, 2018). En la Tabla 4 se muestran los resultados del consumo calórico con 2 litros de agua a 20°C.

Tabla 3. Resultados de la comparación entre los tres métodos de calentamiento.

Parámetros	Hidrólisis	Resistencia	Inducción
Resistencia	50k Ω	3.8 Ω	1.12 Ω
Voltaje	110V	110V	6.23V
Corriente	14A	33.5A	5.45A
Potencia	1540W	3630W	34W
Litros	1	2	0.02
Temperatura inicial	20°C	20°	20°
Tiempo 1 (30°C)	1:20	30	28
Tiempo 2 (40°C)	2:00	50	1:03
Tiempo 3 (50°C)	2:40	1:10	1:25

Fuente: D. M. Torres, "Diseño y construcción de un calentador eficiente de agua basado en inducción electromagnética," vol. 7, no. 3, pp. 122-126, 2018.

Como se observa en la Tabla 3, en la mayoría de los parámetros de comparación se denota la superioridad de los sistemas de calentamiento por inducción, en las medidas de tiempo el método de resistencia muestra una ventaja leve ante los demás sistemas, pero dicha ventaja, se ve opacada al considerar la potencia utilizada.

Tabla 4. Comparación del consumo calórico en kilo joule (kJ) con 2 litros de agua a 20°C.

Método	Consumo (kJ)
Hidrólisis	246
Resistencia	109
Inducción	95.2

Fuente: Torres, D. M. (2018). Diseño y construcción de un calentador eficiente de agua basado en inducción electromagnética. 7(3), 122-126.

Posterior a esto se hizo la comparación final entre el prototipo diseñado y el sistema comercial, en donde se evalúa la potencia consumida (P_c), la potencia transmitida (P_t), y la eficiencia (e) (Torres, 2018).



Tabla 5. Comparación prototipo y sistema comercial.

Parámetros	Calentador diseñado	Calentador comercial
P_c	393.6W	3932W
P_t	333.6W	3127.5W
e	84.2%	79.5%

Fuente: Torres, D. M. (2018). Diseño y construcción de un calentador eficiente de agua basado en inducción electromagnética. 7(3), 122–126.

En la Tabla 5, se puede detallar una preeminencia de los sistemas de inducción con base al consumo calórico de la tecnología diseñada y la comercial. Se observa que el diseño es superior al sistema de calentamiento comercial en un 4,7%. Además de que los índices de potencia consumida y transmitida son bastante inferiores en el diseño, lo cual denota que si se tiene un buen diseño del sistema sus índices de eficiencia y consumo mejoraran (Torres, 2018).

La industria láctea es uno de los principales puntos de impacto de estos sistemas. Por ello para esta industria se encontró un estudio donde se realiza una comparativa de consumo entre el sistema de inducción y un sistema de trabajo a gas. Además de una comparativa en eficiencia con los sistemas de calentamiento más comunes (Kumar & Puranik, 2016).

Tabla 6. Comparativa de consumo energético (Kumar & Puranik, 2016).

Área	Gas	Inducción
	BTU/hour	Inducción /hour
Small	5,000	0.70kW
Médium	9,000	1.25kW
Large	12,000	1.70kW
	18,000	2.10kW

Fuente: Kumar, S., & Puranik, D. B. (2016). Induction Heating: Its Applications in Dairy Industry. 3(3), 290–299.

Tabla 7. Comparativa eficiencia de sistemas (Kumar & Puranik, 2016).

Eficiencia de los métodos de cocción	
Inducción	90%
Halógeno	58%
Resistencia	47%
Gas	40%

Fuente: Kumar, S., & Puranik, D. B. (2016). Induction Heating: Its Applications in Dairy Industry. 3(3), 290–299.

En las últimas tres tablas anteriores, se aprecia que los sistemas de calentamiento por inducción electromagnética son más eficientes con respecto a los demás sistemas de calentamiento comparados, comparándolo con la técnica de calentamiento más común como lo son los sistemas a gas, siendo superior no solo en eficiencia sino también en consumo energético como se observa en la Tabla 6.



En otro estudio, se realizó, el diseño y construcción de una cocina con funcionamiento basado en inducción electromagnética. Posteriormente a la construcción de este prototipo, se realizó una comparación los sistemas de calentamiento (Cushicondor, Collaguazo, 2009). Para las pruebas se cocinó la misma cantidad de alimentos en los mismos recipientes en los diferentes tipos de cocina a comparar.

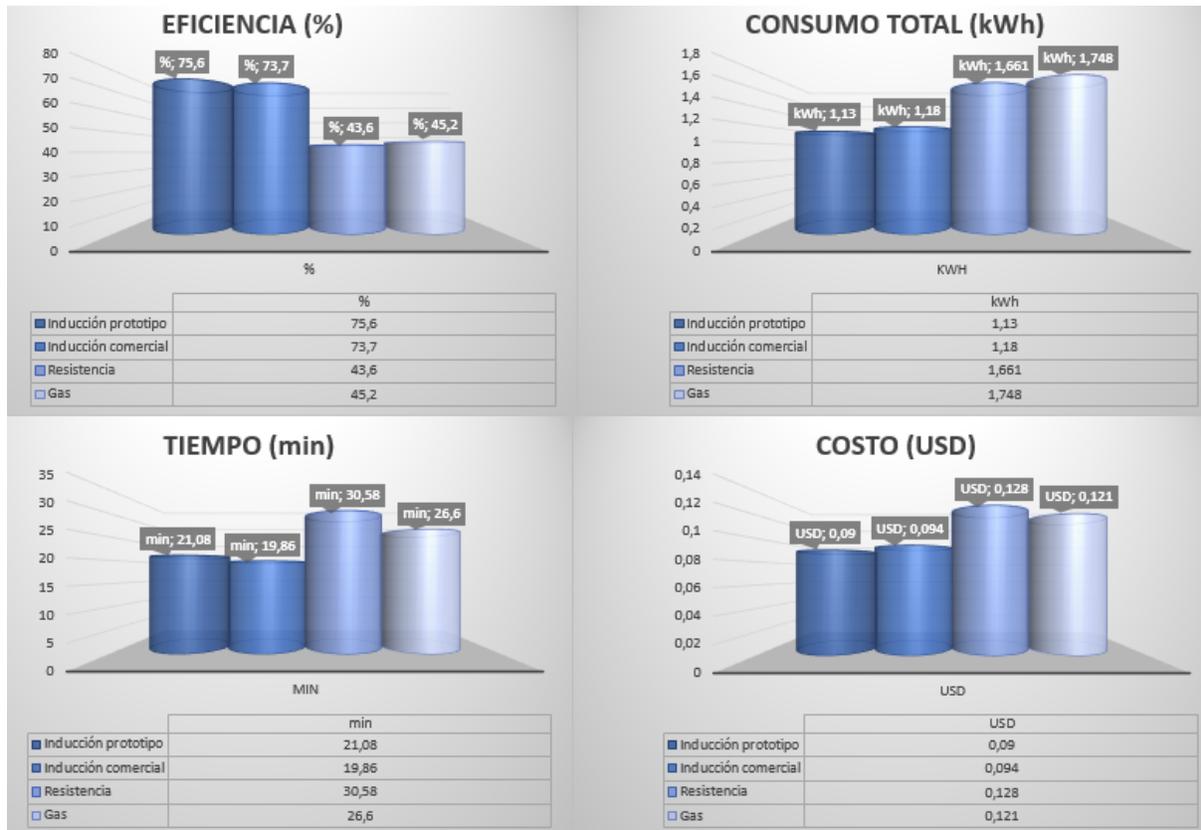


Figura 3. Resultados entre las cocinas de inducción comercial y prototipo, eléctrica y a gas. Fuente: Cushicondor, Collaguazo, E. A. (2009). Diseño y Construcción de un Prototipo de una Cocina de Inducción Electromagnética. Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 150.

En un estudio realizado por (Astudillo Benitez et al., 2015) a los usuarios que usan e hicieron el cambio de cocinas a gas a cocinas de inducción, Figura 3, se encontró que el 25.46% aprueban que la cocina de inducción incide de manera positiva al medio ambiente al no usar combustible con GLP, con un 23.62% opinan que ayuda al ahorro económico en los hogares y brinda seguridad al momento de cocinar con 16.56% a diferencia del uso de las cocinas a gas.



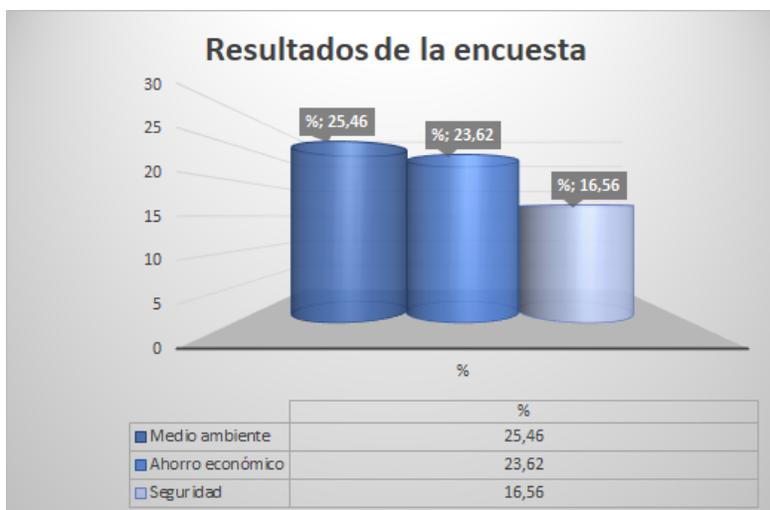


Figura 4. Encuesta realizada a usuarios que realizaron el cambio de cocina a gas por una cocina de inducción. Fuente: Astudillo Benítez, J., Robles Salguero, R., Vanegas Aragón, A., & Rodríguez Astudillo, O. (2015). Sustitución de cocinas de gas licuado de petróleo por cocinas eléctricas a inducción. Un caso ecuatoriano. 15, 13. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215047546004.pdf>

4. Conclusiones

Frente a la evidencia de los resultados recaudada de los diferentes sistemas de calefacción se puede concluir que los sistemas por inducción presentan ventajas entre los parámetros analizados. Realizando un promedio, este método tiene una eficiencia del 80.89%, menor consumo total de energía con 1.88 kWh, tiempos en la cocción de aproximadamente 20:05 minutos e incide de manera positiva al medio ambiente al no usar combustibles. Con la mejora de la eficiencia y los esfuerzos por ampliar a la generación de energías modernas, junto con las cocinas mejoradas se busca reducir la contaminación intradomiliaria y mitigar los riesgos para la salud.

En cuanto a los costos de implementación resulta ser más económico consumir en una cocina de inducción ya que presenta un precio bajo evidenciado en los resultados de (Franco, 2013). Al realizar la conversión a pesos colombianos, se estimaría alrededor de unos \$37.000 por 1 kWh, en una cocina eléctrica convencional \$43.000 y en una cocina de GLP \$61.000.

Las comparaciones planteadas de la Figura 3, reflejan resultados positivos en todos los ítems, detallando una preeminencia en el consumo total y los costos. Además de un alto índice de eficiencia, compitiendo directamente con el sistema de calentamiento de inducción electromagnética comercial, superando este en un 1,9% al prototipo. No obstante, tanto como el sistema comercial y el prototipo poseen el mismo principio de funcionamiento se aprecia una superioridad en todos los aspectos con base a los sistemas de gas y resistencia eléctrica.



5. Discusión

Si se llegara a sustituir las cocinas tradicionales por estas de inducción se reflejaría en el ahorro energético, que a su vez conllevaría, a la reducción de contaminación ambiental y evitaría riesgos por quemaduras.

6. Referencias

- Astudillo Benítez, J., Robles Salguero, R., Vanegas Aregón, A., & Rodríguez Astudillo, O. (2015). Sustitución de cocinas de gas licuado de petróleo por cocinas eléctricas a inducción. Un caso ecuatoriano. *15*, 13. <https://www.redalyc.org/pdf/2150/215047546004.pdf>
- Cushicondor, Collaguazo, E. A. (2009). Diseño y Construcción de un Prototipo de una Cocina de Inducción Electromagnética. *Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica*, 150.
- Egusquiza, J. B. (2020). *Análisis de la viabilidad económica de un sistemas de almacenamiento en plantas solares fotovoltaicas*.
- Fernández, J. (1994). La energía de la biomasa. *Ingeniería Industrial*, 0(012), 21–29. <https://doi.org/10.26439/ing.ind1994.n012.2791>
- Franco, A. T. (2013). *COCINA DE INDUCCIÓN VERSUS COCINA A GAS (GLP)*. 8–14.
- Hanifah, U., & Andrianto, M. (2018). Experimental Study on Fuel Consumption and Energy Efficiency at Soymilk Cooking Using a Mini Boiler and Using a Gas Stove. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Science and Technology, ICST 2018*, 4–8. <https://doi.org/10.1109/ICSTC.2018.8528681>
- Kumar, S., & Puranik, D. B. (2016). *Induction Heating : Its Applications In Dairy Industry*. 3(3), 290–299.
- Molina, G. (2015). *Sistema de calefacción de agua por inducción electromagnética para el uso doméstico*.
- Salazar, J. (2010). *Estudio Técnico-Comparativo Para La Introducción De Cocinas Eléctricas De Inducción Magnética En El Ecuador*. 71–75. <http://bibdigital.epn.edu/bitstream/15000/2165/1/CD-2931.pdf>
- Sweeney, M., Dols, J., Fortenbery, B., & Sharp, F. (2014). Induction Cooking Technology Design and Assessment. *2014 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 370–379. <https://aceee.org/files/proceedings/2014/data/papers/9-702.pdf>
- Torres, D. M. (2018). *Diseño y construcción de un calentador eficiente de agua basado en inducción electromagnética*. 7(3), 122–126.
- Tortajada, J. F., Castell, J. G., Andreu, J. A. L., Domínguez, F. G., García, J. A. O., Tornero, O. B., Fontalbá, E. G., Ferrís, V., & Conesa, A. C. (2001). *Enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles*. 57(3), 213–225.

Sobre los autores

- **Niyiret Dayanna Martínez Sabogal:** Estudiante de ingeniería electrónica. ndayannamartinez@ucundinamarca.edu.co
- **Carlos Mario Herrera Fernández:** Estudiante de ingeniería electrónica. cmarioherrera@ucundinamarca.edu.co



- **Kevin Daniel Camargo Ruiz:** Estudiante de ingeniería electrónica. kdcamargo@ucundinamarca.edu.co
- **Cristian Camilo Espejo Varela:** Estudiante de ingeniería electrónica. cespejo@ucundinamarca.edu.co
- **Andrés Felipe Guerrero Guerrero:** Ingeniero Electrónico, Magíster en Ingeniería – Automatización Industrial y Doctor en Ingeniería – Automática de la Universidad Nacional de Colombia. Profesor asistente del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad de Cundinamarca. afguerrero@ucundinamarca.edu.co
- **Edwin Palacios Yepes.** Ingeniero Electrónico, Máster en Diseño y Gestión de Proyectos Tecnológicos, Profesor tiempo completo (TCO). epalaciosy@ucundinamarca.edu.co
- **Juan Carlos Tapias Duarte.** Ingeniero Químico, maestría en ciencias ambientales, Profesor tiempo completo (TCO). jctapias@ucundinamarca.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

