

Sección **ESPECIAL**



Demanda de energía para la cocción de alimentos de un usuario rural

Energy demand of a rural user for cooking food

RAMIRO ORTIZ FLÓREZ¹ - JONH CAMILO BOTINA² - CÉSAR ANDRÉS VARGAS CERÓN³ - DANIELA ARBOLEDA RODRÍGUEZ⁴ - JUAN CAMILO CARDONA VELÁSQUEZ⁵

1. PhD. en Evaluación de Recursos Energéticos Renovables. Ingeniero Electricista.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2498-9496>
ramiro.ortiz@correounivalle.edu.co
2. Ingeniero Electricista.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8467-1634>
jonh.botina@correounivalle.edu.co
3. Ingeniero Electricista.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8512-4214>
cesar.andres.vargas@correounivalle.edu.co
4. Ingeniero Electricista.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1952-5949>
arboleda.daniela@gmail.com
5. Ingeniero Electricista.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3359-9560>
juan.cardona.velasquez@correounivalle.edu.co

Recibido: 15/04/2026 Aceptado: 10/05/2026

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

La evaluación de la demanda en condiciones rurales debe integrar todos los requerimientos energéticos de los usuarios para satisfacer sus demandas, incluida la preparación de alimentos. Por este motivo, es pertinente disponer de cifras que integren la cocción y que permitan cuantificar su demanda por potencia y por energía (Hernández, 2018; Villamizar, 2023).

En la bibliografía basada en la ingeniería de alimentos se encuentran soluciones para este problema con un número importante de variables que hacen más compleja la solución. Sin embargo, dicho inconveniente lo han abordado en forma práctica reconocidos investigadores a escala mundial, quienes han propuesto en términos generales seguir una metodología experimental para determinar cuantitativamente el consumo de energía, ya sea mediante la estufa, el recipiente o el alimento. Esta evaluación se hizo para unas condiciones rurales tropicales, en las que los resultados mostraron que del menú de energéticos la aplicación del biogás para cocción es una solución técnica, económica, ambiental y social, que atiende plenamente esta demanda.

Palabras claves: demanda de energía, cocción de alimentos, consumo energético, energía rural.

Abstract

Demand assessment under rural conditions should integrate all of the users' energy requirements to meet their needs, including food preparation. For this reason, it is relevant to have figures that incorporate cooking and make it possible to quantify demand in terms of both power and energy (Hernández, 2018; Villamizar, 2023).

Food engineering literature contains solutions to this problem involving a significant number of variables that make analyses more complex. However, this issue has been addressed in practical terms by internationally recognized researchers, who have proposed following an experimental methodology to quantitatively determine energy consumption, whether based on the stove, the container, or the food. This assessment was conducted under tropical rural conditions. The results showed that, among the available energy options, the use of biogas for cooking is a technical, economic, environmental, and social solution that fully meets this demand.

Keywords: energy demand, food preparation, energy consumption, rural energy.

INTRODUCCIÓN

Los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) dan cuenta de la importancia de disponer de energéticos accesibles y no contaminantes que apalanquen la reducción de la pobreza y la igualdad de género. Los ODS reconocen que se presenta una gran demanda de energía en la cocción de alimentos, la cual se basa, en el sector rural, en combustibles de uso ineficiente y altamente contaminantes (CIAC), siendo la leña el más utilizado, seguido del carbón vegetal (“ODS 7. Energía asequible y no contaminante”. Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2015). Estos energéticos se podrían remplazar por gas natural o energía eléctrica, pero se presenta una restricción de cobertura a raíz de su distribución por redes, que no es una limitante para la energía eléctrica en cuanto a que su generación puede ser local.

Según la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el acceso a gas combustible en las zonas rurales es restringido, lo que obliga al uso de la leña en cocción o, en su defecto, el carbón, energéticos que requieren un tiempo importante para su recolección y que tienen un gran impacto en la salud, además de que degradan el entorno ambiental. De acuerdo con la UPME, en Colombia se consumen anualmente cerca de 5,1 millones de toneladas de leña a nivel rural en cocción (1,38 millones de hogares), las cuales generan cerca de 7,9 millones de toneladas de CO₂ (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2015).

Para reducir el impacto de estos energéticos en los bosques de Colombia, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) promovió en el año 2017 el “Huerto Leñero”, un área sembrada de árboles maderables aptos para leña, los cuales, mediante un manejo por el sistema de corte y rebrote, se pueden aprovechar para la cocción de los alimentos, con base en las siguientes cifras:

- Una familia promedio de cinco personas requiere un banco de leña de 222 árboles, aproximadamente, en un área máxima estimada de 500 metros cuadrados.
- Un árbol a los tres o cuatro años produce en promedio 40 kg de leña seca; 90 árboles, que se aprovechan anualmente, producen 3.600 kg, que representan más del 80 % de lo requerido por la familia, lo cual disminuye las necesidades de extracción del bosque natural.

La iniciativa del “Huerto Leñero” redujo la cantidad de árboles al promover el uso de estufas de leña

ecoeficientes; sin embargo, se puede mitigar aún más el impacto en los bosques con la utilización del biogás, alternativa que el DNP no consideró.

En la naturaleza, el biogás es el resultado de la descomposición de un material orgánico por parte de microorganismos en un ambiente libre de oxígeno (fermentación anaeróbica), proceso que se puede generar en forma natural o en un ambiente controlado (biodigestor). Este último se da en forma continua, y produce como salida el biogás y un efluente (biofertilizante). No obstante, el biogás, al ser una mezcla constituida por metano (50-70 % del volumen), es de cuidado, en razón de que en un horizonte temporal de 20 años tendría 86 veces más índice potencial de calentamiento global (*global warming potential*, GWP) que el CO₂. Por tal motivo, el biogás, una vez lavado, se debería quemar en un equipo de combustión para generar energía térmica o energía eléctrica.

En este escenario de una economía circular, el biogás como energético es una buena opción para zonas rurales con un potencial de biomasa residual y desarrollos agrícolas o pecuarios, pues les da una segunda oportunidad a los residuos, solucionando problemas ambientales y generando energía limpia de origen renovable. A continuación, se presentan algunas cifras de biogás según su origen (tabla 1) (Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe [RedBioLAC], 2023).

Tabla 1
Cifras de biogás según su origen energético

Origen	Kg de excreta por día/ animal	Biogás/día/m ³
Vacas	15,0	0,600
Terneros	4,0	0,160
Caballos	15,0	0,600
Niños	0,2	0,014
Adultos	0,4	0,028
Carneros	2,0	0,100
Cerdos	1,5	0,100
Gallinas	0,15	0,009

En una evaluación integral hay que considerar los impactos colaterales de estos energéticos en el medio ambiente, que se pueden cuantificar por la huella hídrica y la de carbono; a la par, su acceso puede ser limitado por el costo de su capacidad energética, aspectos que

se deben considerar dentro de su caracterización. Los datos promedio de la capacidad energética, la huella hídrica, la huella de carbono y el costo de los energéticos más representativos para cocción se presentan en la tabla siguiente (tabla 2).

En esta tabla se muestra que los energéticos biológicos, si bien tienen una menor capacidad energética frente a los fósiles y una huella de carbono baja, el costo por kWh es muy superior a los referentes no renovables. Sin embargo, el proceso de producción del biogás, que energéticamente es equivalente a la madera, hace que sea neutro (sin huella de carbón) y que su precio probablemente sea cero (no se incluye el renglón de administración, operación y mantenimiento [AOM]) (RedBioLAC, 2023). Esto le da una oportunidad energética muy importante al biogás (en la tabla 2, la energía eléctrica no tiene cifras, dado que está sujeta al energético primario con la cual se produce).

LA ESTUFA PARA COCCIÓN

Independientemente de la técnica culinaria, la cocción se inicia con una fuente de calor, en la que intervienen el energético, la estufa, el recipiente y los alimentos. En

el proceso de cocción (figura 1), el recipiente ubicado sobre la fuente de calor recibe esta energía y la conduce por sus paredes, sin que el material se mueva. A este se le llama conducción, y será más eficiente si el material es acero o aluminio. En el evento de que dentro del recipiente se encuentre un fluido, el calor se traslada a través de este por convección, proceso que suele llevar a que el agua cambie de estado y una parte de ella se evapore. No obstante, el calor suministrado desde la fuente de calor también se transmite por el espacio sin necesitar un material o un fluido, a través de una transmisión por radiación (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2010).

Durante el proceso, la cantidad de calor que se transfiere depende de varios factores, como la relación entre las áreas de la fuente de calor y el recipiente, el material del recipiente o la periferia del recipiente, factores que definen la eficiencia en la cocción de los alimentos; no obstante, para valorar la eficiencia es pertinente unificar los procedimientos de cocción, ya que estos varían notablemente de una persona a otra, así como también los elementos utilizados en este proceso, en particular en una condición rural. Hay varios procedimientos empleados internacionalmente para el cálculo

Tabla 2
Energéticos y sus indicadores ambientales y económicos por kWh

Energético	Capacidad energética (kWh/kg)	Huella hídrica (kg/kWh)	Huella de carbono (ton/kWh)	Costo (\$/kWh)
Leña	5,23-5,46	1,1-2,3	0,81-0,93	451,24
Carbón vegetal	8,72	1,1-2,3	0,57-0,96	598,85
Biogás	5,56-6,94	1,1-2,3		0,0
GLP	14,01	1,3-2,5	1,25-7,75	114,23
Gas natural	15,75	0,4-0,8	1,48	118,33
Energía eléctrica				700,00

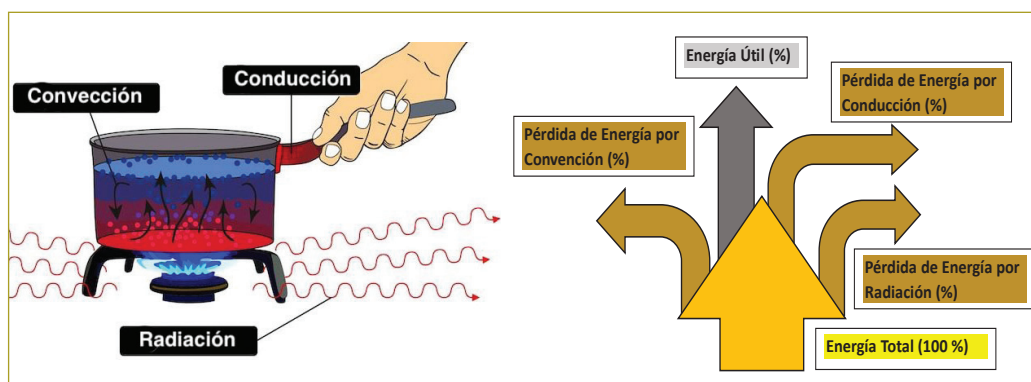


Figura 1
Transferencia de calor durante la cocción

de la eficiencia, dados por la Food Service Technology Center-CLASP, que se fundamentan sobre todo en la medición de la energía utilizada en una estufa para el calentamiento de una determinada masa de agua entre dos temperaturas.

Siguiendo este propósito, se determinó analítica y experimentalmente, para unas condiciones locales (ciudad de Cali, Valle del Cauca), el calor necesario para que una fracción de masa (1.000 g) llegue a la temperatura de ebullición local (98 °C) a partir de una temperatura media de 28 °C (gradiente 70 °C).

Se hizo una valoración de un proceso de ebullición con energía eléctrica para recipientes de diferentes pesos y materiales, teniendo en cuenta que se requiere una energía de 0,081 kWh para 1,0 kg de agua, en un gradiente de 70 °C (tabla 3). El resultado valida que, dependiendo del peso y el material del recipiente, se requiere una mayor energía, que conduce a una reducción en la eficiencia.

Vale la pena señalar que los recipientes de barro son comunes en condiciones rurales, pero al mismo tiempo son ineficientes, aspecto que exige una mayor cantidad de energético.

Tabla 3

Ebullición de 1,0 kg de agua en un gradiente de 70 °C con energía eléctrica para recipientes de diferentes materiales y pesos

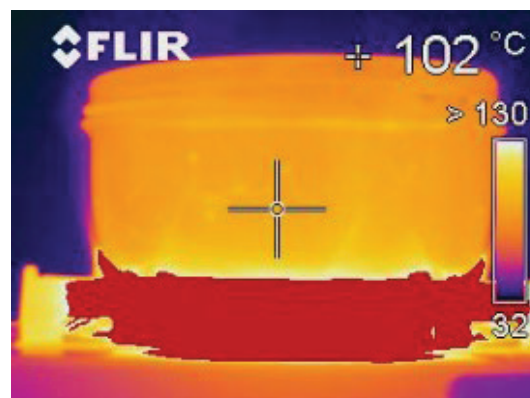
Peso del recipiente (g)	Material	Energía consumida (kWh)	Eficiencia
137,5	Aluminio	0,174	46,8 %
602,6	Aluminio	0,176	46,3 %
1665,0	Arcilla	0,415	19,6 %

Figura 2

Pérdidas de energía al momento de hervir 1,0 kg de agua



a) Estufa eléctrica.



b) Estufa de GLP.

Así mismo, se realizó una prueba similar con diferentes energéticos para igual masa de agua y gradiente de temperatura, utilizando el mismo recipiente de aluminio. El resultado corresponde a la eficiencia experimental obtenida de cada energético, según la estufa (tabla 4).

En razón de que los datos experimentales difieren de la información de otros autores, se optó por validar la información con una cámara térmica. Las fotografías dan cuenta de que en la estufa de gas hay una pérdida importante de energía al medio ambiente (figura 2), lo que corrobora los datos experimentales.

Tabla 4

Ebullición de 1,0 kg de agua en un gradiente de 70 °C de agua con diferentes energéticos para un recipiente de aluminio de diferentes pesos

Energético	Peso del recipiente (g)	Energía consumida (KWh)	Eficiencia
Energía eléctrica	137,5	0,174	46,8 %
Gas natural	137,5	0,455	18,4 %
GLP	137,5	0,219	38,3 %

CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA COCCIÓN DE ALIMENTOS DE UNA FAMILIA RURAL

Para hacer una aproximación a las formas de cocción de los alimentos de mayor demanda en un contexto rural, se consideraron experimentalmente los siguientes alimentos: agua para infusión o potabilización del agua, agua de panela, chocolate, huevo (frito y cocido), trucha, res, pollo (frito), lengua, sobrebarriga, arroz, fríjoles, lentejas, pasta, papa, yuca, tostada de plátano y sopa de verduras.

La cocción se realizó con tres energéticos: energía eléctrica, GLP y gas domiciliario, en dos estufas adquiridas en un centro comercial popular (eléctrica y GLP). Así se hizo una aproximación al proceder de una comunidad rural al momento de conseguir sus utensilios de cocina y una de gas natural en condiciones domiciliarias (esta última como una referencia de la eficiencia por cocción). Los recipientes para la preparación corresponden a los requeridos según la técnica de cocción (recipiente de pared gruesa para el arroz, olla de presión, entre otros), adquiridos de igual manera.

Durante las pruebas se midieron el consumo del energético (con instrumentación eléctrica, báscula electrónica para el GLP, contador de m³ de gas), el tiempo y la temperatura. Cabe anotar que la preparación final del alimento fue una variable subjetiva, según criterio de quien hacía el experimento.

La información del consumo se llevó a las unidades de energía dada en kWh por 100 g de alimento (tabla 5); es claro que, para tener esta magnitud, basados en la obtenida experimentalmente para el gas natural y el GLP, se procedió a tener un equivalente, de acuerdo con el energético empleado (m³ de gas natural, g de GLP). Las cifras indicadas para el biogás, el carbón y la leña se obtienen de la relación entre la capacidad energética de cada uno de ellos con la del GLP, complementado con la eficiencia de las estufas.

La cocción de los alimentos y los momentos en que esta se consume están relacionados con la comunidad y con su identidad cultural; esto define la técnica culinaria con la que preparan sus alimentos. En un escenario rural, se hizo una aproximación a una familia en la que el consumo calórico de una persona oscila entre las 2.000 y 3.000 kilocalorías; esto corresponde a

Tabla 5
Consumo energético para la preparación de diferentes alimentos con diferentes energéticos

Alimento	EE	Gas natural	Gas GLP	Biogás	Carbón	Leña
Agua	0,015	0,036	0,019	0,036	0,034	0,060
Agua de panela	0,020	0,042	0,027	0,042	0,045	0,079
Chocolate	0,054	0,166	0,072	0,166	0,120	0,212
Huevo frito	0,063	0,150	0,084	0,150	0,140	0,248
Huevo cocido	0,010	0,022	0,013	0,022	0,021	0,037
Trucha	0,175	0,413	0,233	0,413	0,388	0,686
Res	0,086	0,192	0,114	0,192	0,191	0,337
Lengua	0,00005	0,0001	0,00006	0,00011	0,00011	0,00019
Sobrebarriga	0,00003	0,0001	0,00004	0,00008	0,00007	0,00013
Pollo	0,099	0,220	0,131	0,220	0,219	0,387
Arroz	0,049	0,116	0,065	0,116	0,109	0,193
Pasta	0,050	0,119	0,067	0,119	0,112	0,197
Fríjoles	0,027	0,064	0,036	0,064	0,060	0,106
Lentejas	0,017	0,039	0,022	0,039	0,037	0,065
Papa	0,033	0,078	0,044	0,078	0,073	0,130
Yuca	0,010	0,022	0,013	0,022	0,021	0,037
Tostada de plátano	0,623	1,468	0,827	1,468	1,377	2,437
Sopa de verduras	0,052	0,123	0,069	0,123	0,115	0,203

un consumo de alimentos que puede tener las características indicadas a renglón seguido (tabla 6) (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar [ICBF], 2020).

El consumo de energía para preparar los alimentos según la dieta nutricional para una persona que labora en un ambiente rural (tabla 6), según el momento de la ingesta, corresponde al indicado a continuación (tabla 7).

Tabla 6

Dieta nutricional según la ingesta de alimentos para una persona que labora en un ambiente rural

Ingesta de alimentos	Nombre	Cantidad (g)	Kcal/Cantidad
Agua potable		3700	0
Desayuno	Chocolate	240	185
	Tostada de plátano	100	252
	Huevo frito	55	118
	Total	395	555
Media mañana	Huevo cocido	50	78
	Panela	240	11
	Total	290	89
Almuerzo	Arroz	80	101
	Fríjoles	200	276
	Res	100	150
	Papa	180	157
	Panela	240	192
	Sopa de verduras	100	42
	Total	900	918
Media tarde	Tostada de plátano	100	252
	Café	200	2
	Total	300	254
Comida	Arroz	80	101
	Lentejas	200	232
	Pollo	100	120
	Café	200	2
	Total	580	455
Total		6.165	2.271

Tabla 7
Energía requerida según la dieta nutricional para una persona que labora en un ambiente rural según el momento de la ingesta

Ingesta de alimentos	EE (kWh)	Gas natural (m³)	Gas GLP (kg)	Biogás (m³)	Carbón (kg)	Leña (kg)
Agua potable	0,564	0,11	0,053	0,20	0,37	1,25
Desayuno	0,788	0,17	0,08	0,30	0,52	1,74
Media mañana	0,053	0,01	0,005	0,02	0,04	0,12
Almuerzo	0,387	0,08	0,04	0,14	0,26	0,86
Media tarde	0,653	0,13	0,06	0,24	0,43	1,45
Comida	0,202	0,04	0,02	0,07	0,13	0,45
Total	2,65	0,54	0,26	0,97	1,76	5,86

Así mismo, el consumo de energía según la dieta nutricional para una persona que labora en un ambiente rural tiene un costo, según el energético y el momento de la ingesta del alimento, que corresponde al indicado en la tabla siguiente.

Tabla 8
Costo de energéticos requeridos según la dieta nutricional para una persona que labora en un ambiente rural según el momento de la ingesta (unidades en pesos colombianos de marzo 2024)

Ingesta de alimentos	EE	Gas Natural	Gas GLP	Biogás	Carbón	Leña
Agua potable	395	289	99	0	9.696	7.372
Desayuno	551	424	145	0	13.537	10.292
Media mañana	37	24	10	0	916	697
Almuerzo	271	192	71	0	6.646	5.053
Media tarde	457	335	120	0	11.226	8.535
Comida	141	101	37	0	3.470	2.639
Total	1.853	1.364	480	0,00	45.492	34.587

CONCLUSIONES

El resultado de la investigación de evaluar la demanda de energía para preparación de alimentos en una condición de ausencia de información condujo a la realización experimental para determinar cifras que cuantifican su demanda por potencia y por energía, de acuerdo con el energético, la estufa, el recipiente y el alimento. Esta solución la propusieron y llevaron a cabo reconocidas

instituciones y respetados investigadores en el ámbito internacional.

Las cifras del análisis experimental permiten identificar los requerimientos de la potencia de los equipos y la energía necesaria para atender la demanda, datos que, según el horario de consumo de la ingesta de alimentos, permiten construir el perfil de demanda.

Este análisis ha sido extenso, dado que en los referentes bibliográficos no había cifras precisas que permitieran evaluar el perfil de demanda para una comunidad rural; esto implicó adquirir los alimentos y los elementos para preparación con diferentes energéticos, además de los instrumentos de medida de peso, volumen, temperatura, entre otros.

Los resultados de la presente investigación permiten organizar soluciones energéticas en forma integral con enfoque multipropósito: atender todas las demandas de energía y causar el menor impacto ambiental en un entorno de economía circular.

Para futuras investigaciones, los resultados obtenidos son pilares para justificar el aumento de la potencia en proyectos de pequeñas centrales hidroeléctricas o la aplicación de bioenergéticos para atender la demanda rural.

REFERENCIAS

- Hernández, M. F. (2018). Índice de pobreza energética multidimensional por regiones para Colombia, ipem_rc 2013. *Economía Coyuntural. Revista de temas de coyuntura y perspectivas*. [online], 3(3), 35-72. ISSN 2415-0622.
- Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2023). *Plato saludable de la familia colombiana*. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/guias-alimentarias-basadas-en-alimentos.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas (2023). *ODS 7. Energía asequible y no contaminante*. <https://www.pactomundial.org/ods/7-energia-asequible-y-no-contaminante/>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2023). *Estado del arte y novedades de la bioenergía en Colombia*. <https://www.fao.org/4/as419s/as419s.pdf>.
- Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe (2023). *Estado actual de la biodigestión en América Latina y el Caribe*. <https://redbiolac.org/publicaciones-1>.
- Unidad de Planeación Minero Energética (2023). *Plan Nacional de Sustitución de Leña*. [https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Plan-nacional-sustitucion-le %C3 %B1a.aspx](https://www1.upme.gov.co/sipg/Paginas/Plan-nacional-sustitucion-le%C3%B1a.aspx)
- United States Environmental Protection Agency – EPA (20 de junio de 2023). Test Results of Cook Stove Performance. <https://pciaonline.org/files/Test-Results-Cookstove-Performance.pdf>.
- Villamizar, J. (2023). *Índice de pobreza energética en Colombia* [tesis de maestría, Universidad de los Andes]. Repositorio institucional, Universidad de los Andes.