

Evaluación económica del proceso de secado de maíz para calcular la incidencia en la productividad del proceso

Economic evaluation of the corn drying process to calculate the impact on the productivity of the process

Mercedes Moreira ^{1*}, Edison Mancheno ², Walter Jácome ³, Melany Murillo ⁴ y Arick Cuenca ⁵

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/ Ecuador; mmoreira@uteq.edu.ec,

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/ Ecuador; emanchnop@uteq.edu.ec,

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/ Ecuador; wjacomev@uteq.edu.ec,

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/ Ecuador; melany.murillo2017@uteq.edu.ec,

⁵ Universidad Técnica Estatal de Quevedo/Quevedo/ Ecuador; rick.cuenca2017@uteq.edu.ec,

* Correspondence: mmoreira@uteq.edu.ec

Available from. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.04.101>

RESUMEN

El objetivo de la investigación es evaluar económicamente el uso de combustible en el proceso de secado del maíz, siendo este proceso fundamental para garantizar la calidad del producto final y su posterior comercialización. En este estudio se examinaron las etapas involucradas en el secado, método de trabajo predominante en las comercializadoras de maíz del cantón Quevedo. Además, se buscó proponer una alternativa sostenible y amigable con el ambiente mediante la implementación de energía térmica comprobada a partir de colectores solares para reducir la dependencia de combustibles fósiles en el proceso de secado. Se recopiló información sobre la capacidad del secador vertical agroindustrial a base de GLP utilizado en el proceso y el consumo de energía y combustible. Estos datos se utilizaron para realizar un análisis económico del proceso de secado actual. Posteriormente, se inició el análisis de costes de una alternativa consistente en utilizar colectores solares para generar energía térmica. La propuesta de utilizar colectores solares para crear energía térmica como alternativa a los combustibles fósiles se clasificó como una opción viable en términos económicos y medioambientales. Esta alternativa ofrecería la oportunidad de reducir los costes operativos durante mucho tiempo y disminuir la huella de carbono del proceso de secado. El estudio proporciona información valiosa para los comerciantes de maíz del cantón Quevedo y contribuye al conocimiento de prácticas más sostenibles en el sector agroindustrial.

Palabras clave: Costos de combustible, Energía renovable; Colector solar; Secador vertical; GLP agroindustrial

ABSTRACT

The objective of the research is to economically evaluate the use of fuel in the corn drying process, and this process is essential to guarantee the quality of the final product and its subsequent commercialization. This study examined the stages involved in drying, the predominant work method of the corn marketers of the Quevedo canton. In addition, it sought to propose a sustainable and environmentally friendly alternative by implementing proven thermal energy from solar collectors to reduce dependence on fossil fuels in the drying process. Information was collected on the capacity of the agro-industrial LPG-based vertical dryer used in the process and energy and fuel consumption. These data were used to perform an economic analysis of the current drying process. Subsequently, a cost analysis began for an alternative involving solar collectors to generate thermal energy. The proposal to use solar collectors to create thermal energy as an alternative to fossil fuels ranked as a viable option in terms of economic and environmental. This alternative would offer the opportunity to reduce operating costs for a long time and decrease the carbon footprint of the drying process. The study provides valuable information for corn traders in the Quevedo canton and contributes to knowledge about more sustainable practices in the agribusiness sector.

Keywords: Fuel costs, Renewable energy; Solar Collector; Vertical Dryer; Agroindustrial LPG

INTRODUCCIÓN

En el territorio ecuatoriano, la producción de maíz (*Zea mays* L) desempeña un papel esencial en el sustento alimentario, abasteciendo tanto al sector agroindustrial como a la alimentación humana ¹. A nivel global, países de América Latina y el Caribe han cultivado este grano, destinando una cantidad considerable, alrededor de 220 millones de toneladas, para la exportación a diversas partes del mundo. Este flujo comercial no solo tiene un valor económico significativo, sino que también desempeña un papel vital en la generación de riqueza. El maíz, arraigado en la historia de las comunidades indígenas, ostenta un carácter insustituible en la identidad de los antepasados. ²

El proceso de producción de maíz, así como su conservación, ha evolucionado en paralelo a la mejora de los métodos de cultivo. ³ Una etapa esencial en este proceso es el secado, ya que el grano de maíz, al ser recibido en un estado húmedo, requiere un secado inmediato para evitar la pérdida de calidad y prevenir el calentamiento que podría degradarlo ⁴. Dicha necesidad ha impulsado a las empresas a invertir en instalaciones adecuadas para el almacenamiento y conservación del maíz recién cosechado. No obstante, el proceso de secado no es homogéneo entre las empresas dedicadas a esta actividad. Coexisten varias metodologías, lo que plantea la importancia de realizar un diagnóstico y una evaluación exhaustiva de las diversas etapas del proceso de secado de maíz. Este análisis no solo facilita la toma de decisiones informadas para las empresas, sino que también permite comprender qué enfoques de secado se utilizan habitualmente en las diferentes casas comerciales del cantón Quevedo. Este entendimiento puede propiciar la conservación de los procesos actuales o el posible planteamiento de alternativas más rentables y económicamente viables para el secado de maíz. Esta investigación se propone abordar la evaluación económica del proceso de secado de maíz, centrándose en la determinación de su impacto en la productividad del ciclo de producción.

Fundamentación teórica.

Tipos de Secado de Maíz

El proceso de secado de maíz se realiza principalmente en los granos comerciales, es decir, los granos que se utilizan para la alimentación animal y creación de balanceados; el secado de maíz industrial es un sistema de secado de alta temperatura que cuenta con diversos tipos de secadoras de maíz. ⁵

Secadoras de Flujo Continuo.

Son aquellas en las que el grano se introduce y descarga en forma continua o intermitente, permaneciendo constantemente llenas las secciones de secado y enfriamiento. Las operaciones de secado y enfriamiento se efectúan en forma simultánea e ininterrumpida.⁶

Secadoras verticales.

Las secadoras verticales, también llamadas "tipo torre", se caracterizan por el recorrido del grano, desde arriba hacia abajo, y pueden ser clasificadas en varios grupos, de acuerdo con el tipo de flujo⁷. También llamadas de "caballetes", tienen como elemento principal, en las zonas de secado y enfriamiento, un conjunto de conductos en forma de V invertida, por donde circula el aire caliente o frío. También llamadas "de columnas" poseen columnas o venas rectas por donde circula por gravedad el grano; las columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, las que atraviesa el aire caliente (o frío) en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna. Se conocen también secadoras de columnas de forma circular.

Secadoras flujo concurrente.

En este tipo, el grano y el aire de secado fluyen en la misma dirección y sentido. De esta forma el aire caliente se encuentra con grano frío y húmedo, pero la transferencia de calor y humedad que tiene lugar asegura que la temperatura del grano no alcance la temperatura del aire de entrada y que descienda rápidamente⁸. Este diseño tiene la ventaja que se pueden emplear muy altas temperaturas del aire, que originan altas velocidades de secado sin sobrecalentar el grano. Este último está sometido a un tiempo de permanencia más corto, por lo cual no es muy afectado⁹. Se ha comprobado también que el consumo específico de energía se encuentra entre 850 y 900 kcal por kg. de agua evaporada, que significa una buena eficiencia térmica.

Secadora de cascada.

Estas máquinas están formadas por uno o dos planos inclinados, compuestos por persianas (las que atraviesa el aire) por las cuales el grano va descendiendo en forma de una cascada continua. Este sistema tiene la ventaja de que no se tapan agujeros (porque no existen) con borra o basura, como en otras secadoras que tienen paredes perforadas¹⁰. También son aptas para secar semillas muy pequeñas, como calza, tréboles y otras similares, reduciendo el caudal de aire.

La corriente de aire que pasa por las persianas, además de su función principal de secar y enfriar, realiza una buena limpieza del grano. Las impurezas arrastradas tampoco caen en el plenum o cámara de aire caliente, con lo cual el riesgo de incendio es reducido a un mínimo.¹¹

Secado en tandas.

Este sistema, que tiene lugar en secadoras de este "nombre, reside en colocar el grano húmedo en la secadora, mantenerlo en ella hasta que es secado, y luego enfriado en la misma. Posteriormente, el grano es extraído, y la secadora se vuelve a llenar con otra tanda. Los sistemas descritos en el tema "Secado a baja temperatura" pueden ser asimilados también a un secado en tandas. Tanda convencional es uno de los tipos más difundidos. Pueden ser transportables o no. Se carga la máquina, se prende el quemador, y se seca el grano; luego se apaga el quemador, y el ventilador funciona sólo con aire frío, hasta enfriar toda la carga. Han aparecido secadoras de este tipo totalmente automáticas, para el llenado, descarga, apagado del quemador y otras operaciones.¹²

Recepción de maíz

Según la norma INEN 187:95 el grano de maíz debe cumplir parámetros de humedad, impurezas, y demás (tabla 1) para poder ser recibido, cabe recalcar que la casa comercial tendrá la potestad de decidir si se acoge o no al cumplimiento de la norma al momento de aceptar o rechazar la materia prima.²

REQUISITOS	% MINIMO m/m	% MAXIMO m	METODO DE ENSAYO
HUMEDAD	13	30	NTE INEN 1 513
IMPUREZAS		10	NTE INEN 1 236
QUEBRADOS		5	NTE INEN 1 236
DAÑADOS			NTE INEN 1 236
Calor			
Hongos		2,0	
Insectos		2,0	

Otras causas		2,0	
		1,5	

Fuente: Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN

Tabla 1. Requisitos para recepción de maíz.

MATERIALES AND METODOS

La metodología empleada en la evaluación económica del proceso de secado de maíz se basa en un enfoque integral que combina la recopilación de datos empíricos con el análisis cuantitativo. El objetivo principal es comprender cómo los aspectos económicos del proceso de secado influyen en la productividad global de la cadena de producción de maíz.

El estudio se lo realizó en el Cantón Quevedo, ubicada en la provincia de Los Ríos, Ecuador, presenta un entorno propicio para la producción agrícola, y el cultivo de maíz juega un papel significativo en su economía y vida cotidiano. Las tierras fértiles de esta región favorecen la producción de maíz de alta calidad, que se destina tanto al consumo local como a la comercialización a nivel nacional e internacional. La metodología adoptada para la evaluación económica del proceso de secado de maíz en Quevedo se adapta específicamente a las características y condiciones de esta región:

Identificación de Empresas Locales: Se realizaron encuestas y entrevistas con empresas locales dedicadas al secado de maíz en Quevedo. Estas conversaciones proporcionarán información clave sobre los métodos de secado empleados, los recursos utilizados y los costos involucrados en el proceso. Se presenta el diagnóstico y se identifica la problematización.

Recopilación de Datos de Costos: Se recopilieron datos detallados sobre los costos directos, como el consumo de energía y combustible, y los costos indirectos, incluyendo información sobre los métodos de secado utilizados.

En la entrevista que se realizó al propietario de la casa comercial Israel, se obtuvo información del proceso de secado, y se identificó las causas y los efectos de la problematización identificada.

Para cumplir con el diagnóstico, se realizó un diagrama de Ishikawa donde se muestran las causas que existen detrás de la problemática principal de esta investigación, cuyas causas se muestran a continuación: (Figura 1.)

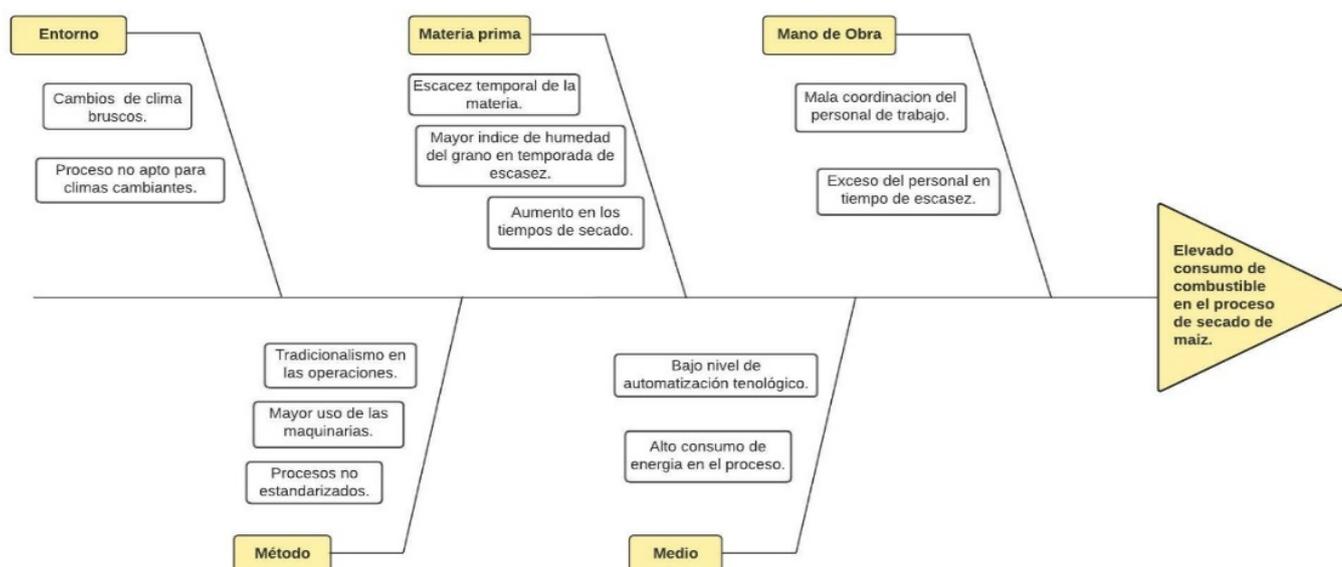


Figura 1. Diagrama de Ishikawa. Fuente: Investigación de campo.

En el diagrama de Ishikawa, el problema central se identifica como la alta demanda de combustible en el proceso de secado. Esta situación se deriva del hecho de que el maíz, siendo uno de los granos con mayores requisitos de capacidad de secado a nivel mundial, implica un consumo energético considerable 13. Además, este alto consumo de energía se traduce en un gasto elevado de combustible. Otro factor que incide es el exceso de humedad en el grano, ya que cuanto mayor sea su humedad, más tiempo excesivo para el proceso de secado, lo que, a su vez, incrementa la necesidad de combustible.

Asimismo, se deben considerar las condiciones climáticas como un componente crítico en este análisis. Dado que la cosecha del maíz ocurre durante la temporada de lluvias, la producción se limita a ese período específico del año. Durante los meses restantes, la producción es prácticamente inexistente, lo que agudiza la demanda de capacidad de secado durante la temporada de cosecha y, en consecuencia, aumenta el uso de combustible. Este conjunto de factores interrelacionados resalta la complejidad del problema en el proceso de secado de maíz. La combinación de una alta demanda de capacidad de secado, el consumo de energía, la humedad del grano y las condiciones climáticas limitadas crea un desafío integral que requiere una estrategia en múltiples frentes para abordar eficazmente la optimización del proceso y la reducción de costos asociados.

Para el diagnóstico del proceso y sus etapas del secado de maíz se realizó un análisis de todas las etapas que comprende el diagrama de procesos, cursograma y diagramas de recorrido del proceso.

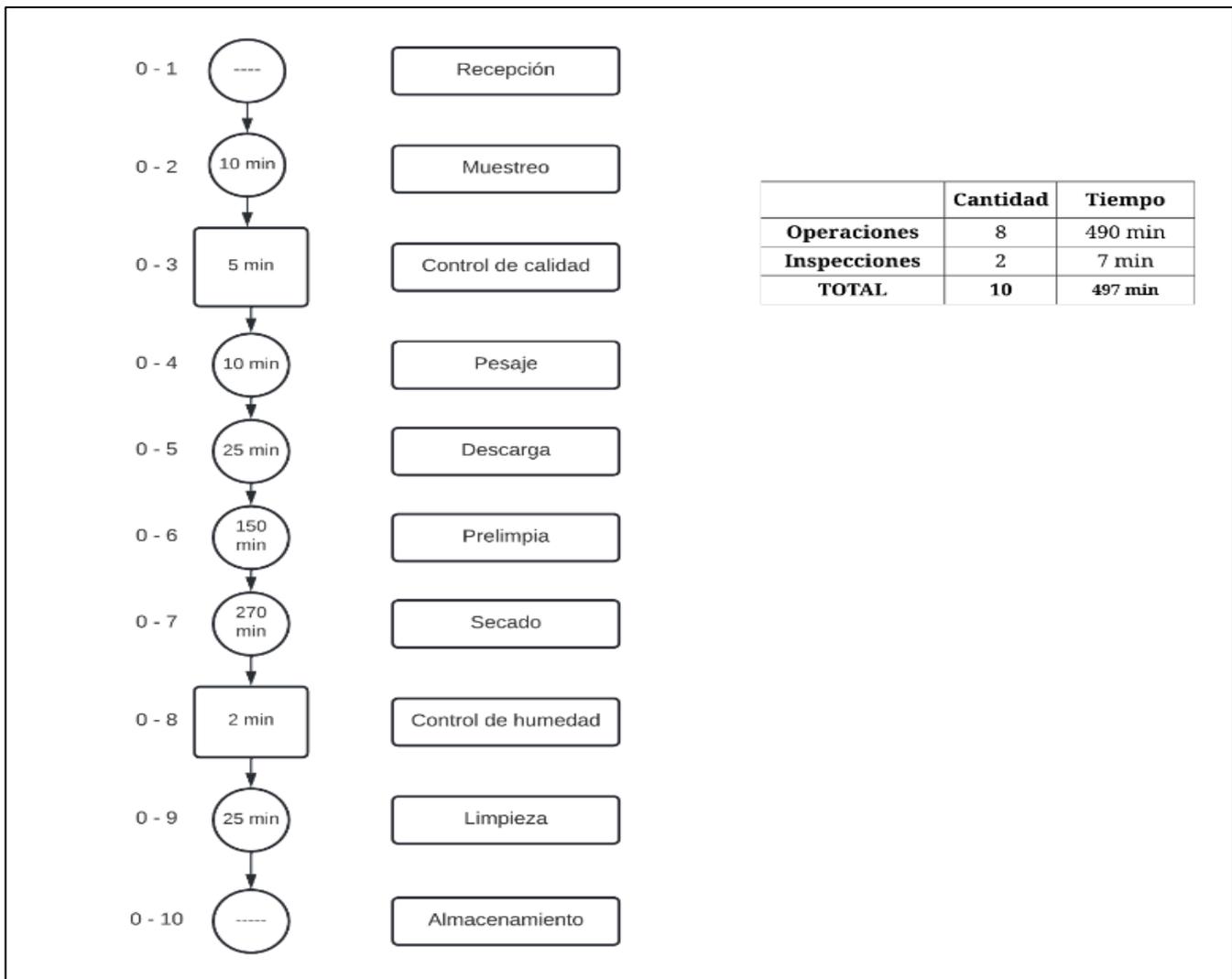


Figura 21. Diagrama de operaciones del proceso de secado de maíz

Mediante la figura 2 se visualiza la materia, la secuencia de todas las operaciones, inspecciones y tiempos que se utiliza en el proceso de secado de maíz, mismo que cuenta con ocho operaciones que tienen un tiempo de

490 min y dos inspecciones que suman 7 min, teniendo un total de 497 min entre operaciones e inspecciones en el proceso de secado.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SECADO DEL MAÍZ								
Diagrama N°:		Resumen por:			METODOLOGÍA ACTUAL			
					Número	Tiempo (min)		
Método: Presente.		○ Operación			7	485		
Tipo: Recorrido de Material.		⇒ Transporte			2	5		
		□ Inspección			2	7		
		○ Demora			0	...		
		▽ Almacenamiento.			2	720		
Indicaciones cuantitativas		Total			13	1217		
Descripción		Actividad					Tiempo (minutos)	Observación
		○	⇒	□	○	▽		
1	Recepción.	●					...	
2	Muestreo	●					10	
3	Inspeccion de calidad.			●			5	
4	Entrada a báscula.		●				2,5	
5	Pesado.	●					5	
6	Salida de báscula.		●				2,5	
7	Descargue.	●					25	
8	Almacenamiento provisional.					●	720	Se considera un tiempo de almacenamiento no mayor a 12 horas
9	Prelimpia.	●					150	
10	Secado.	●					270	
11	Control de Humedad			●			2	
12	Limpieza de Impurezas.	●					25	
13	Almacenamiento.					●	...	
TOTAL		11	4	2	2	1	1217	

Figura 3. Cursograma de operaciones del proceso de secado de maíz

En la figura 3 se presenta el cursograma analítico actual realizado al proceso de secado de maíz, se detalla la secuencia de todas las operaciones, transportes, control, almacenamiento provisional y almacenamientos, con los tiempos y las distancias recorridas que se debe seguir para el proceso de secado, en este se puede notar que el proceso que puede conllevar más tiempo es el almacenamiento provisional con un tiempo de hasta doce horas, este tiempo va en función del grado de humedad con la que llega el grano a la casa comercial, ya que el grano con un alto porcentaje de humedad pasa directamente a ser secado.

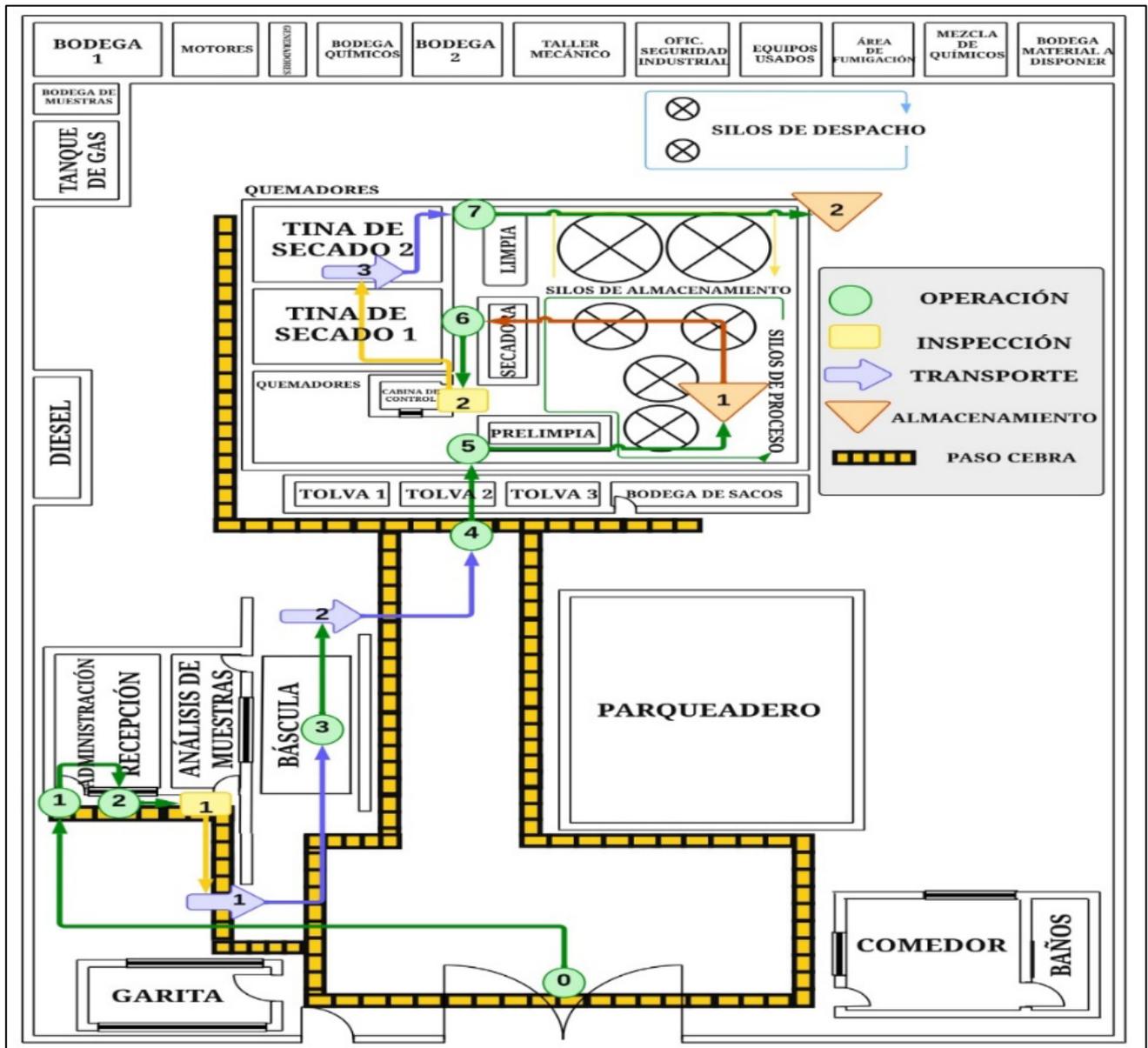


Figura 4. Diagrama de recorrido del proceso de secado de maíz

En la figura 4 se presenta el diagrama de recorrido, se visualizan la distribución de la planta y el recorrido de las actividades que intervienen dentro del proceso de secado de maíz, como; recepción, pesaje y muestreo, almacenamiento, secado de maíz, pre limpia y limpieza, estos se muestran dentro de sus respectivas áreas, como se muestra en el cursograma presentado en la tabla 2, todo este proceso tiene un tiempo no estándar de hasta 1.2017 minutos.

Es importante señalar que esta metodología podría tener limitaciones, incluyendo la disponibilidad de datos precisos y la representatividad de las empresas seleccionadas. Además, el análisis podría verse afectado por la volatilidad económica y los cambios en las condiciones del mercado.

En resumen, esta metodología, adaptada al contexto ecuatoriano, se encuentra como una herramienta efectiva para comprender cómo la economía impacta en la productividad del proceso de secado de maíz. Al considerar tanto los aspectos locales como los económicos, esta investigación busca ofrecer una perspectiva integral y valiosa para la optimización de la producción de maíz en Ecuador.

RESULTS

El costo de combustible en el proceso de secado.

En este resultado se presenta la metodología empleada para obtención de los costos del secado de maíz, para lo cual el Gas Licuado de Petróleo G.L.P. Agroindustrial ¹² representa el principal combustible empleado para el secado de maíz, arroz y soja, según Acuerdo N° 139 - Uso de gas licuado de petróleo (GLP) para el sector agroindustrial dedicado al secado de granos. ²⁰

Gasto de combustible.

El consumo de combustible está reflejado por la energía específica, demanda de combustible, costo de este y horas de secado. El consumo de energía viene especificado por el fabricante según el tipo de secadora ²². En este caso se trata de la secadora Mega TC-80.

Consumo de energía (Kcal/h)	Demanda total de combustible G.L.P. (Kg/h)	Costo GLP Agroindustrial (USD/Kg)	Tiempo de secado (h)	Costo Total (UDS)	
				Humedad inicial: 35%	Humedad final: 13%
3500000	294.93	0,188384	5,34	296.69	

Nota: poder calorífico del GLP 11.867 Kcal/Kg.

Tabla 2. Costo de combustible con subsidio.

El costo que se obtiene para secar un lote de producción con una humedad inicial del 35% y alcanzando una humedad final del 13% implica un costo de 296,69 dólares, se debe tomar en cuenta que el GLP para el sector agrícola es un producto subsidiado por el estado conforme acuerdo Nro. - Uso de gas licuado de petróleo (GLP) para el sector agroindustrial dedicado al secado de granos.

Sin embargo, si se pone en consideración el costo del GLP sin subsidio, esto es considerando el precio del Kg/G.L.P. Industrial, el costo del secado de un lote de producción sería el siguiente (Ver tabla 3):

Consumo de energía (Kcal/h)	Demanda total de combustible G.L.P. (Kg/h)	Costo GLP Agroindustrial (USD/Kg)	Tiempo de secado (h)	Costo Total (UDS)	
				Humedad inicial: 35%	Humedad final: 13%
3500000	294.93	0,914899	5,34	1.440,89	

Tabla 3. Costo de combustible sin subsidio.

Para secar un lote de producción con GLP Industrial sin subsidio es de USD 1.440,89 dólares, frente a los USD 296,69 dólares que implica secar con combustible subsidiado.

Sistema de colectores solares de aire en el proceso de secado.

Para realizar una comparación entre el proceso actual y una alternativa del proceso de secado del maíz se realizaron visitas a varias casas comerciales, en la cual se pudo conocer que entre las empresas visitadas emplean sistemas de secado mixto, tipo estacionario y de flujo continuo, la alternativa a comparar es el uso de colectores solares de aire en el proceso de secado del grano de maíz, con la finalidad de reducir considerablemente los costos del proceso ¹³. Hay que tener en cuenta que la cantidad de energía que puede aportar un colector no es de gran impacto en comparación a las que están grandes instalaciones necesitan para su funcionamiento. ¹⁸

Proceso de secado usando colectores de aire.

La utilización de un colector solar de aire brinda muchos beneficios por su ahorro energético y una reducción de los costos por uso de combustibles, ya que este trabaja directamente con la energía proveniente del sol, lo que hace es absorber toda la carga energética que produce la radiación solar.¹²

Los colectores solares de aire tienen un diseño óptimo para el secado de productos agrícolas como lo es maíz y entre otros, estos productos para ser secados requieren grandes cantidades de energía, por lo que los colectores harán una fusión de trabajo con la maquina secadora, esto se debe a la dependencia que tienen los colectores solares a las condiciones climáticas presentadas durante el día.¹⁵

Como el nivel de temperatura expulsada en forma de aire que proviene de los colectores no alcanza los requerimientos necesarios para el secado y este a su vez solo puede ser realizado durante el día, permitirá aprovechar toda la energía captada por la radiación y de manera inmediata transmitida al proceso, reduciendo los costos por combustible.

Para entender mejor como trabaja este producto realizamos una descripción de cómo es el proceso de trabajo, el cual inicia, como lo mencionamos anteriormente, con la captación de la radiación solar producida durante el día, la cual obviamente puede cambiar, pero esto dependerá únicamente de las cambios climáticos que existan; esta captación de energía causará un elevamiento en la temperatura del aire que realiza su paso por el colector, este mismo será direccionado hacia el quemador con la ayuda de ventiladores, el aire requerido será medido por el caudal que proporcionan los colectores, por lo que no será necesario el uso de un ventilador adicional; luego de que el quemador haya calentado el aire, este será introducido al lecho de granos para que al momento de su paso aumente la humedad relativa y disminuya la humedad del maíz, dicho aire húmedo será succionado hacia el exterior de la máquina.¹⁹

Como no existe una norma que determine la cantidad mínima y máxima de uso de colectores, y teniendo en cuenta la gran cantidad de energía que se requiere para el funcionamiento de esta secadora, se determina la cantidad de 1600 m^2 , separados por líneas de 20m^2 que vienen dadas por el fabricante, para la elección de estas dimensiones se toma en cuenta el caudal que emiten los 80 colectores, los cálculos serán presentados más adelante.²¹

Datos técnicos del colector solar.

Tras la búsqueda de un colector solar idóneo para este tipo de procesos se pudo determinar que el JUMBO SOLAR (figura 5) cumple con las características necesarias para efectuar este tipo de trabajos, está diseñado específicamente para secaderos, o cualquier industria que tenga la necesidad de aire caliente en sus operaciones.²¹



Figura 5. Colador solar Fuente: GRAMMER.

En la figura 5 se da a conocer la imagen que posee el colector, el cual cuenta con las siguientes dimensiones, peso y capacidad. Longitud, ancho y altura: (2500, 1003 y 187) mm. Peso: 75 KGg.

Rendimiento térmico: 1675 Wpeak. Las especificaciones técnicas del colector se presentan a continuación, cabe indicar que todos los valores se refieren a la superficie de apertura.

Valores de medida	Símbolo	Unidad	Valor típico
Factor de conversión para diferencia de temperatura $t_{es} - t_a = 0$	η_0		0,794
Factor lineal de eficiencia en colector	A_1	W/(m ² x K)	9,508
Factor cuadrático de eficiencia en colector	A_2	W/(m ² x K ²)	0
Factor corrector de ángulo incidente	$K_0(50^\circ)$		0,94
Temperatura de estanqueidad		°C	140
Rango caudal de aire recomendado		m ³ /(hm ²)	20 – 100
Perdida de presión en GLK con 250 mm		Pa	13,7
Máxima presión de funcionamiento		Pa	400
Superficie bruta	A_G	m ²	2,51
Peso de colector		kg	80
Carga superficial ₁₎		kg/m ²	36
Máxima carga por viento y nieve ₂₎		kN	6,3

Fuente: GRAMMER.

Tabla 4. Datos técnicos de colador solar.

Para poder calcular la temperatura a la cual van a trabajar los colectores, para ello se debe identificar el caudal al cual va a ingresar el aire. Guiándonos de la ficha técnica de los colectores tenemos que estos poseen un caudal de entre 20 – 80 m³/h, para cual tomaremos un caudal de 80 m³/h que multiplicándolo por los 1600 m² que tiene la dimensión total, tenemos que el caudal total es de 128000 m³/h. Donde se emplea la fórmula (fórmula 1) para encontrar la temperatura a cuál llegará el proceso con la utilización de los colectores.

Fórmula 1. Caudal de colector.

$$\text{caudal} \left(\frac{m^3}{min} \right) = \frac{\text{consumo energetico} \left(\frac{Kcal}{h} \right)}{\Delta t * 17}$$

Donde:

Δt = diferencia entre la temperatura de secado y la temperatura ambiente.

17 = constante de Foster.

A continuación, se calcula la temperatura necesaria para el consumo energético, se debe recordar que la cantidad a secar era 80 toneladas a 100°C, y porcentaje de humedad a reducir era 35% a 13%, si no tenemos una variación en la cantidad de granos a secar, tenemos entonces que la temperatura es la siguiente:

$$3200 \frac{m^3}{min} = \frac{3500000 \frac{Kcal}{h}}{(t_{\text{secado}}^a - 22) * 17}$$

Fórmula 2. Temperatura de secado.

$$(t_{\text{secado}}^a - 22) = \frac{3500000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}}{3200 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} * 17}$$

$$t_{\text{secado}}^a = 86^\circ$$

Así, se evidencia una disminución de la temperatura de 100°C a 86°C como requisito para lograr una tasa de secado equivalente. Sin embargo, es importante tener en cuenta la naturaleza cambiante del clima, lo que podría dar lugar a situaciones en las que la temperatura del aire proveniente del colector aumente, potencialmente ocasionando un exceso de secado en los granos de maíz¹⁶. Para reducir este riesgo, se plantea la posibilidad de ajustar la cantidad del producto y regular la temperatura de salida del aire, proponer un equilibrio que asegure un proceso de secado óptimo y evite cualquier posible inconveniente.

Para conocer el ahorro que generará la instalación del sistema de colectores solares de aire se calcula la cantidad de energía total que esta consume, para ello multiplicaremos la cantidad de energía producida por metro cuadrado por la superficie total de la instalación (fórmula 3).

Fórmula 3. Consumo de energía total.

$$388,84 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2} \times 2400 \text{ m}^2 = 933\ 216 \text{ KWh}$$

Sabiendo la cantidad de energía consumida por la instalación se encontrará a los Kg de GLP a los que este equivale, podría haber ocasiones que el quemador trabaja al 85% de su capacidad, se tiene:

Fórmula 4. Combustible consumido.

$$\frac{\text{Consumo de energía total}}{\text{Poder calorífico} * \text{rendimiento quemador}}$$

$$\frac{933126 \text{ KWh}}{13385 \frac{\text{KWh}}{\text{kg}} \times 0,85} = 82 \text{ Kg}$$

Consumo de energía colador.	Combustible consumido	Costo (USD/Kg)	Horas de secado	Costo Total
933126 KWh	$\frac{933126 \text{ KWh}}{13385 \frac{\text{KWh}}{\text{kg}} \times 0,85} = 82 \text{ Kg}$	0.188384	5,34	82,48

Tabla 51. Costo total.

El ahorro obtenido es por un lote de producción, este puede variar según las condiciones climáticas presentadas durante el día.

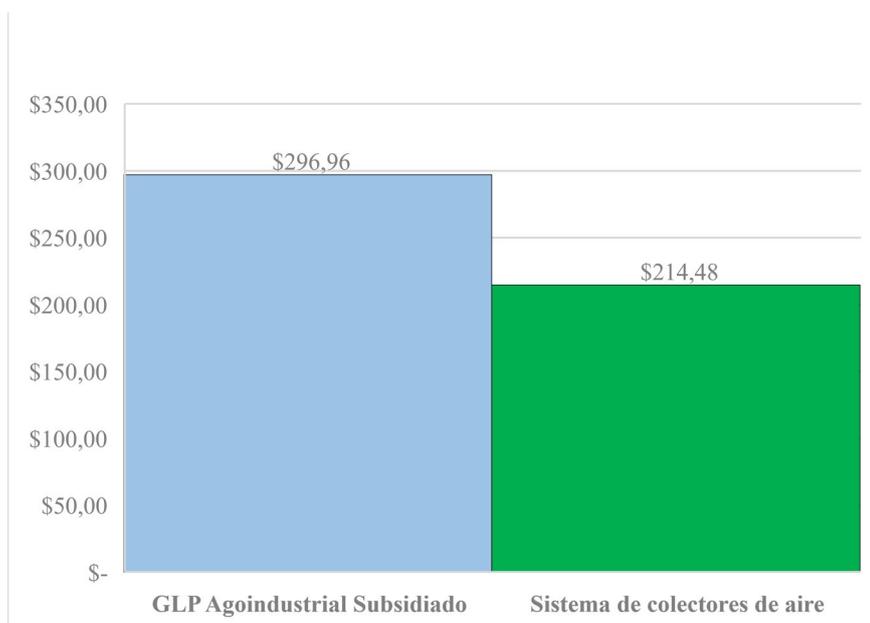


Figura 6. Comparación de costos.

Como se observa en el gráfico la ayuda que genera el sistema de colectores de aire es significativo ya que de \$ 296, 69 dólares en costo por combustible fósil, disminuye a \$ 214, 48 dólares, es decir que genera un ahorro del 25% por cada lote de producción de maíz secada.

DISCUSIÓN

De acuerdo con las definiciones los autores coinciden que un proceso ha de verse, como la secuencia de pasos diseñados, con el fin de producir un producto o servicio de valor para alguien externo al proceso. Para realizar el diagnóstico del proceso de secado de maíz mediante diagrama flujo, diagrama de procesos, cursograma y diagrama de recorrido, identificando así las etapas de proceso.⁷, quien resalta que el flujo de un proceso determina el coste de su tratamiento, la cantidad empleada en el proceso, el espacio que dicho proceso ocupa y la duración del tiempo total de producción²¹.

El secado del maíz es un paso necesario en el proceso de producción de maíz, ya que ayuda a prevenir el moho y el deterioro. Sin embargo, el secado del maíz puede ser un proceso costoso y los agricultores deben asegurarse de que los beneficios del secado superen los costos. Hay una serie de factores que pueden afectar la viabilidad económica del secado de maíz, incluido el costo del combustible, el tipo de sistema de secado de maíz utilizado y las condiciones climáticas²⁰. En general, el secado del maíz es más rentable en áreas con climas cálidos y secos. Sin embargo, incluso en estas áreas, el costo del secado del maíz puede ser significativo.

Respecto al Análisis Costo – Beneficio,⁸ ya que como menciona es una herramienta analítica que pone en balanza los costos y beneficios de un proceso, es decir, examinar las ganancias que recibe la entidad encargada de ejecutar el proceso, es así como haciendo uso de este concepto se realizó un Análisis Costo – Beneficio realizando una multiplicación de la demanda de combustible de la secadora vertical TC-80, el costo del kg de GLP Agroindustrial y las horas de secado en función del porcentaje de humedad con que llega el grano y la humedad a la que se desea llegar, se obtuvo el costo de secar un lote de producción.²²

Los autores partieron con la comprensión del concepto de energía renovable tomando como referencia el criterio del autor,⁹ quien define que la energía renovable es un recurso esencial para mejorar la vida de nuestros pueblos, y que el acceso a la energía es de primordial importancia para el crecimiento económico. Para realizar un análisis económico de una alternativa en el proceso de secado se tomó en cuenta el criterio del autor,¹⁰ manifiesta que, la energía solar térmica es una energía renovable con capacidad de almacenamiento, capaz de

aportar electricidad incluso en horas sin luz solar, es por esto por lo que se realizaron los cálculos del beneficio económico de un sistema de colectores solares para el proceso.

CONCLUSIONES

En conclusión, la investigación se centró en la evaluación económica del uso de combustible en el proceso de secado de maíz en las comercializadoras del cantón Quevedo. Se analizaron en detalle el proceso y las etapas involucradas, así como el método de trabajo más comúnmente utilizado.

El estudio no solo ofrece información valiosa para las comercializadoras de maíz en el cantón Quevedo, sino que también contribuye al conocimiento sobre prácticas más sostenibles en el sector agroindustrial. Se realizó un análisis exhaustivo del costo del método de secado, que se basa en el uso de una secadora vertical alimentada por GLP agroindustrial. Se tuvieron en cuenta diversos parámetros, como la capacidad de la máquina, el consumo de energía y el consumo de combustible. Estos parámetros fueron fundamentales para llevar a cabo la evaluación económica del proceso.

Además, se exploró una alternativa de reemplazo de combustibles fósiles por energía renovable, específicamente la energía térmica. Se propuso el uso de colectores solares para captar la energía calórica, que luego sería transmitida a la secadora. Esta propuesta busca implementar un proceso más limpio y respetuoso con el medio ambiente.

En resumen, la investigación destacó la importancia de evaluar económicamente el uso de combustible en el proceso de secado de maíz y propuso una alternativa de energía renovable para lograr un proceso más sostenible. Los resultados y conclusiones obtenidos podrían servir como base para tomar decisiones informadas en las comercializadoras de maíz y fomentar prácticas más amigables con el medio ambiente en el sector.

Contribuciones de los autores: “Conceptualización, redacción de metodología, MM; metodología, EM; software y validación, MM; análisis formal, AC; escritura, revisión y edición, WJ. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.”

Financiamiento: No aplica.

Declaración de la Junta de Revisión Institucional: No aplica.

Declaración de consentimiento informado: No aplica.

Declaración de disponibilidad de datos: No aplica.

Agradecimientos: Universidad Técnicas Estatal de Quevedo y Empresas Comerciales del Cantón Quevedo.

Conflictos de interés: Los autores de este estudio declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. Zambrano CE, Andrade Arias MS. Productividad y precios de maíz duro pre y post Covid-19 en el Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*. 2021; 13(4): p. 143 - 150.
2. INEC. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). Quito; 2022.
3. Agrosíntesis. www.agrosintesis.com. [Online]; 2016 [cited 2022 Octubre 21]. Available from: <https://www.agrosintesis.com/humedad-del-grano-del-maiz-importancia-la-comercializacion/>.
4. Torre DAdl. Estudio de la demanda energética del secado de maíz en Argentina. *Researchgate.net*. 2010. www.datosmundial.com. [Online]. [cited 2022 10 21]. Available from: <https://www.datosmundial.com/america/ecuador/clima-los-rios.php>.
5. Normalización IEd. Granos y cereales. Maíz en grano. Requisitos. 1st ed. Quito: INEN; 1995.

6. Abadía B, Bartosik R. Manual de Buenas Prácticas en Poscosecha de Granos Hacia el agregado de valor en origen de la producción primaria. 1st ed. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; 2013.
7. Roberto Aguirre STP. Manual para el beneficio de Semillas Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical; 1992.
8. Bartés AP. Métodos estadísticos: control y mejora de la calidad Catalunya: Universitat Politècnica de Catalunya; 2015.
9. Besterfield DH, González V. Control de Calidad. Octava ed. Mexico: Pearson Educacion; 2009.
10. Arias C. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural Chile: FAO; 1993.
11. Petróleo MdMy. Acuerdo N°139: Expedir las siguientes disposiciones para el uso de Gas Licuado de Petróleo, GLP, para el secado de granos. 2008..
12. Cepeda GMC. Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. XXII Reunión Latinoamericana del Maíz. 2019.
13. Farmagro. Copyright © 2018. Farmagro S.A. [Online].; 2018. Available from: <https://farmagro.com.ec/new/la-importancia-del-maiz-en-el-ecuador/#:~:text=El%20ma%C3%ADz%20es%20uno%20de,de%20identidad%20para%20nuestros%20ancestros>.
14. Bartosik R. Secado y calidad de maíz Balcarce: SEDICI; 2013.
15. Dios CAD. Secado de granos y secadoras Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Red de información sobre operaciones en poscosecha (INPhO); 1996.
16. González AG,RLL,CDM,&FD. Herramientas para la gestión por procesos. Cuadernos Latinoamericanos de administración. 2019; 15(28).
17. Alberto J,RMDI,ÁCMM,&CRJ. SIMULACIÓN DINÁMICA EN TRNSYS DE COLECTORES SOLARES DE PLACA PLANA Y DE TUBOS EVACUADOS PARA DETERMINAR LA INCLINACIÓN ÓPTIMA DE MAYOR RENTABILIDAD PARA LA CIUDAD DE DURANGO. Trabajo. 2016; 5(9).
18. Andrés GP,SVG,&BEP. Reingeniería de procesos. Empresa: investigación y pensamiento crítico. 2017; 1.
19. Baca Urbina G. Fundamentos de ingeniería económica.: Mc Graw Hill.; 2007.
20. Salazar-Peralta A,PSA,&PSU. La energía solar, una alternativa para la generación de energía renovable. Revista de Investigación y Desarrollo. 2016; 2(5).
21. Collazo-Abreu PL,MMY,FCL,&VAY. Modelos matemáticos y experimentales para el análisis del secado solar de semillas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2018; 27(1).

Received: 25 June 2023/ Accepted: 26 August 2023 / Published:15 September 2023

Citation: Moreira M, Mancheno E, Jácome W, Murillo M y Cuenca A. Evaluación económica del proceso de secado de maíz para calcular la incidencia en la productividad del proceso.Revis Bionatura 2023;8 (3) 101. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.101>

Publisher's Note: Bionatura stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).