

DISEÑO PLANTA GENERADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA APROVECHANDO EL CAROZO DEL ACAÍ, *EUTERPE OLERACEA*

ELECTRIC POWER GENERATOR PLANT DESIGN USING THE CORE OF ACAÍ, *EUTERPE OLERACEA*

MERCADO CUELLAR B.

RESUMEN

La planta productora de pulpa congelada de Acaí, *Euterpe Oleracea*, también llamada planta despulpadora, actualmente cuenta con un sistema de producción en el cual no se cumplen con los estándares de producción planteados por la empresa debido a que el suministro de energía eléctrica de la red local es de solo 4 horas al día y con un elevado costo por kWh. Una planta de generación de energía eléctrica para incrementar la eficiencia y el volumen de producción en la Planta despulpadora de Acaí, *Euterpe Oleracea* de la empresa ubicada en la comunidad Porvenir, provincia Velasco, noreste del departamento de Santa Cruz. Se diseñó una planta de generación de energía eléctrica que utiliza como materia prima el carozo (biomasa). Partiendo de un diagnóstico de la situación en la que se encuentra la planta despulpadora de Acaí, *Euterpe Oleracea*, la determinación la cantidad de carozo resultante de dicho proceso. En base a la información recolectada se identificó la cantidad de carozo disponible para ser utilizado como materia prima en la generación de energía eléctrica y el requerimiento de energía que tiene la planta actualmente. Luego se determinaron las variables críticas para el diseño de una planta de generación de energía eléctrica y posteriormente se realizó el diseño de la planta determinando la capacidad que va a tener la misma, partiendo de que a la fecha la planta despulpadora de Acaí, *Euterpe Oleracea*, necesita de 150 kWh.

PALABRAS CLAVE

Energía eléctrica, Generación, Biomasa, Acaí (*Euterpe Oleracea*).

ABSTRACT

The Acaí frozen pulp production plant, *Euterpe Oleracea*, also called pulping plant, currently has a production system in which the production standards set by the company are not met due to the supply of electrical energy is for only 4 hours a day and with a high cost per kWh. An electric power generation plant to increase efficiency and production volume in the Acaí pulping plant, *Euterpe Oleracea* of the company located in the Porvenir community, Velasco province, northeast of the Santa Cruz department was designed, and it uses the core of Acaí (biomass) as raw material. Starting from a diagnosis of the situation in which the Acaí pulping plant, *Euterpe Oleracea*, it was found, that the amount of Acaí core resulting from the mentioned process, based on the information collected, the amount of Acaí core available, to be used as raw material in the generation of electrical energy, and the energy requirement that the plant currently has, was identified. Then the critical variables for the design of an electric power generation plant were determined and a later the design of the plant was carried out determining the capacity that it will have, based on the fact that to date the Acaí pulping plant, *Euterpe Oleracea*, you need 150 kWh.

KEYWORDS

Electric energy, Generation, Biomass, Acaí (*Euterpe Oleracea*).

INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de obtención de pulpa congelada de Acaí, Euterpe Oleracea, se obtienen desperdicios de biomasa, entre ellos, el carozo que proviene de la etapa de despulpado del proceso de la fruta. Para poder utilizar el carozo del Acaí como materia prima para la generación de energía eléctrica se debe tener conocimiento de la cantidad de carozo con la que se puede llegar a contar. En la figura 1 se muestra el balance de masa donde se ve reflejado la cantidad de Acaí, que entra al proceso de obtención de pulpa congelada, el volumen de pulpa congelada obtenida y la cantidad de carozo resultante de dicho proceso.



Figura 1. Balance de masas de la Obtención de pulpa congelada de Acaí, Euterpe Oleracea.

El balance de masa muestra que de una tonelada que entra al proceso de despulpado de Acaí se obtienen 0,650 toneladas de pulpa congelada, que es comercializada; 0,432 toneladas de carozo y 0,08 toneladas de otros desperdicios, como cáscara, fibras, restos florales, etc. Es decir que, por cada tonelada de Acaí que entra al proceso de despulpado, aproximadamente el 65 % corresponde a la pulpa, el 34,2% corresponde al carozo y el 0,8% corresponde a otros desperdicios.

Una característica importante del cultivo de Acaí es que su período de producción dura todo el año, destacándose dos momentos de mayor fluctuación: durante el primer semestre y a finales de año.

En la figura 2 se muestra el volumen de producción total anual de pulpa congelada de Acaí, Euterpe Oleracea, y la cantidad de carozo resultante del proceso expresadas en toneladas en las gestiones 2016 a 2019.

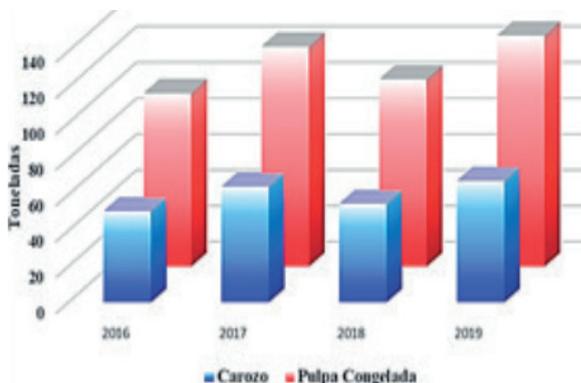


Figura 2. Producción histórica de pulpa de Acaí, Euterpe Oleracea y carozo en el periodo 2016-2019.

La biomasa a emplearse como materia prima para la generación de energía eléctrica es el residuo de la producción, siendo éste

la pepa o carozo del Acaí. Esta biomasa es de tipo residual y húmeda; de orden secundario.

En los residuos, la pulpa del fruto representa solamente el 10%, el 90% restante corresponde a la semilla o carozo (biomasa). Este tipo de biomasa cuenta con un poder calorífico de aproximadamente 4200 kcal/kg, lo suficiente para poder ser utilizada como fuente energética. Se desea lograr una central de biomasa de 350000 MWh/año.

La tabla 1 proporciona información referente a cada uno de los procesos de obtención de energía eléctrica a través de la biomasa y da un resumen de las cuatro alternativas que existen para transformar la biomasa, cada una de ellas con diferentes características. Proporciona información como la potencia, que es una de las características más importantes para el diseño de la planta, la eficiencia de cada sistema, la madurez o antigüedad que tiene, el costo de inversión, costo de operación y mantenimiento, la intermitencia que presenta cada uno, la flexibilidad de carga y el mantenimiento que requiere.

Tabla 1. Criterios de selección entre sistema de combustión y sistema de gasificación

Parámetros de selección	Equipamiento			
	Caldera		Gasificador	
	Maquina a vapor	Turbina a vapor	Motor a chispa	Motor a Diesel
Potencia (kVA)	40 - 250	250 - 150000	1 - 25	25 - 500
Eficiencia	9 - 15	3 - 25	20 - 30	25 - 35
Madurez Tecnológica	Si	Si	No	No
Costos de inversión Bs/kW	10000	9000 (>1MW) 11000 (<1MW)	22000	24000
Costo de operación y mantenimiento Bs/kW	550	600	2000	2000
Intermitencia de suministro	Si	No	Si	Si
Flexibilidad de carga	Si	Poca	Poca	Si
Mantenimiento	Frecuente	Poco	Poco	Frecuente

DESARROLLO

Para la selección del proceso a emplearse en la transformación de biomasa en energía se toman en cuenta factores, como la potencia, ya que se pretende generar 150 kWh en un inicio, sin descartar la opción de ampliación de la planta. También se consideran los costos de inversión, operación y mantenimiento, estando los costos del sistema de combustión muy por debajo

de los costos del sistema de gasificación. Otra de las variables que se toma en cuenta al momento de la selección es la madurez tecnológica, o antigüedad del sistema, analizando las oportunidades que el mercado presenta respecto a las máquinas y equipos a emplearse. Luego de estudiar y analizar las alternativas de cada uno de los procesos de generación de energía eléctrica se opta por el proceso de combustión, utilizando una caldera para la quema de la biomasa, denominado ciclo de vapor o ciclo de Rankine.

A continuación, se realiza el diseño de las etapas del proceso:

Como el carozo sale de la etapa de despulpado con un porcentaje de agua significativo y con restos de pulpa de Acaí, la primera operación que se realiza es la de lavado y secado, donde se llevan a cabo dos tareas: Quitar el porcentaje de pulpa que aun contienen y separar el carozo y fibras de los demás sedimentos. Una vez lavada, secada y separada la biomasa, se la transporta a un almacén protegido de la intemperie para cuidar que la materia prima no se vea afectada por ningún tipo de plagas u hongos.

A continuación, el carozo es transportado, mediante cintas transportadoras, hacia la caldera, donde ocurre la combustión, iniciándose el ciclo de Rankine, que consta de 4 etapas. Al entrar la biomasa en la caldera inicia la combustión, a su vez el agua comienza a evaporarse, saliendo de la caldera vapor caliente. Para mejorar la eficiencia del sistema se acopla un sobrecalentador, cuya función es la de elevar la temperatura del vapor que entra a la turbina.

El vapor conducido a la turbina se expande hasta la presión asociada a la temperatura de condensación, generando trabajo. Es este trabajo el que genera energía eléctrica mediante el uso de un generador acoplado a la turbina. Al mismo tiempo la turbina descarga o desprende vapor, el mismo que entró y que no se ha convertido en trabajo. Este vapor de salida es conducido hacia un condensador donde se convierte en agua al entrar en contacto con las paredes de tubos que están refrigerados, típicamente por agua, en su interior. entregándose una cantidad de calor a la temperatura final.

El generador que se necesita en la planta es de 225 kWh considerando un margen de seguridad.

La potencia suministrada al mismo es de 163,755 KVA; es decir, la turbina tiene que proporcionar ese trabajo total. Para ello requiere de 0,067 kg/s de vapor sobre calentado. Suponiendo que el poder calorífico de la biomasa es de 4200 kcal/kg, se requieren 0,0102827 kg/s, si se considera un rendimiento en la combustión de 60 % se requiere 1,481 Tn/día de carozo.

Tabla 2. Valores principales del ciclo de potencia de la planta generadora de energía eléctrica

Potencia total, kVA	163,755
Fujo másico de vapor kg/s	0,067
Flujo de calor del sobrecalentador kJ/s	5,765
Flujo de calor del caldero, kJ/s	174,931
Flujo de calor del total, kJ/s	180,696
Flujo másico biomasa kg/s	0,011
Requerimiento diario de agua, litros	27078
Requerimiento diario de biomasa, kg	1481

Dentro del proceso de generación de energía eléctrica aprovechando el carozo del Acaí, se deben utilizar maquinarias

y equipos específicos, basados en el diseño del proceso, ciclo de Rankine, que se muestran a continuación de acuerdo a la disponibilidad existente en el mercado y a la capacidad calculada.

La caldera que se selecciona es el modelo E-20, Homotubular, de dos pasos, con capacidad térmica entre 77800 hasta 4536000 Kcal/h, de la empresa FONTANET. Las calderas Modelo E son generadores de vapor con hogar de amplia superficie radiante y baja carga térmica, diseñadas para quemar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Los sistemas de sobrecalentamiento de vapor de Chromalox, junto con el control de potencia de SCR, permiten secar instantáneamente el vapor de proceso al tiempo que usa la cantidad exacta de energía necesaria. De este modo, se obtiene un suministro de vapor de temperatura y calidad constantes a lo largo de las tuberías de distribución.

La generación de corriente alterna se realiza con Turbogenerador de Anhui Xinning Energy Technology, XN-M20, con potencia de salida de 90 a 250 MW, frecuencia 50 o 60 Hz, presión de entrada hasta 177 bar. El condensador que se utiliza para el proceso de generación de energía eléctrica es el Condensador Jiesheng Tubo 4, refrigerado por agua, con flujo de 2.5 m/s, de acero inoxidable industrial. La bomba hidráulica es de 0,75 kW y presión máxima de trabajo de 6 bar. Un tanque de agua de 25000 litros marca TANK – BURG para el abastecimiento de agua para el caldero.

El filtro escogido para la planta de tratamiento de agua es el Filtro

Multimedios Industrial con Tanque de Acero Serie MF-1000 que ofrece la empresa Pure Aqua INC para la ósmosis inversa. El equipo a utilizarse es el que ofrece la empresa Nanjing Qirui Water Treatment Equipment & Engineering Co., Ltd., modelo FSJ2000L-2, de aplicación industrial, con una capacidad de producción de 2000 l/h.

El uso del carozo como materia prima para la generación de energía eléctrica, completa y cierra el proceso de obtención de pulpa congelada de Acaí, eliminando desperdicios de producción durante la obtención de dicho producto.

Dada la magnitud de la planta generadora de energía eléctrica se proponen las dimensiones de cada una de sus áreas, para aprovechar de la mejor manera posible los espacios y recursos de que se disponen, manteniendo condiciones de en base a las normativas. La distribución de las áreas ocupa 331 m² del total del terreno de 525 m².

Tabla 3. Distribución de áreas de la planta generadora de energía eléctrica

Áreas	Medidas, m ²
Recepción de materia prima	90
Lavado	30
Almacén	120
Combustión	15
Sobrecalentado de vapor	6
Generación de energía	65
Condensado de vapor	4
Bombeo	1
Total	331

DISCUSIÓN

El balance de masa de Acaí, en la etapa de despulpado, permitió medir que entran al proceso 25 t, obteniéndose 16,25 t de pulpa de y 8,55 t de carozo resultante. Así mismo se identificaron los kWh que necesita la planta despulpadora de Acaí, Euterpe Oleracea, para funcionar a toda su capacidad actualmente instalada 140 kWh.

Empleando una matriz Vester en la identificación de las variables críticas para el diseño de una planta de generación de energía eléctrica se identificaron factores como: Insatisfacción de la demanda del producto, insuficiente capacidad de suministro de energía eléctrica a la planta, incumplimiento de los planes de producción, baja productividad de la planta, falta de análisis de la materia prima a ser usada en el proceso de generación de energía eléctrica y disponibilidad de la materia prima a emplearse para la generación de energía eléctrica.

El tipo y la cantidad de biomasa a emplearse para la generación de energía eléctrica son fundamentales ya que esta es la materia prima que se utilizara durante el proceso.

Durante el diseño de una planta de generación de energía eléctrica se evaluaron distintas alternativas para la selección del proceso, concluyendo que la mejor opción era la de combustión mediante un ciclo de vapor o también llamado ciclo de Rankine con sobrecalentamiento.

Una vez identificado el proceso para generar energía eléctrica, se diseñó un esquema con cada una de las etapas involucradas y se realizaron cálculos para determinar la capacidad que va a tener la planta, partiendo de que se necesita 150 kWh según los requerimientos de la empresa.

De esta manera se hizo un análisis y evaluación inversas para determinar la capacidad de cada una de las maquinarias y equipos a emplearse para el proceso de generación de energía eléctrica. Al mismo tiempo se determinó el flujo másico de carozo que debe entrar al proceso de combustión, 1,481 t/día.

Paralelamente al diseño de la planta generadora de energía eléctrica se diseñó una planta de tratamiento de agua por ósmosis inversa para eliminar todo tipo de sales, microorganismos, entre otros, antes que entre al ciclo de vapor.

Se determinó el requerimiento de agua por día que va a tener el proceso mediante un balance de energía en el que se obtuvo que se necesitará 27077,7 l/día aproximadamente.

El tamaño y capacidad de este proyecto en particular se debe a dos aspectos principales: La cantidad de energía eléctrica que requiere la planta despulpadora de Acaí, Euterpe Oleracea, para cumplir con los requerimientos de producción, y la cantidad de biomasa disponible para la generación de energía eléctrica mediante el proceso detallado, el cual tendrá una capacidad de generar hasta 150 kWh en primera instancia, sin descartar la idea de su ampliación que cubriría el 90% de la demanda insatisfecha que se tiene de energía eléctrica

REFERENCIAS

- BRISEÑO, S. (2011). Ingeniería de Manufactura. Quito. 2da Edición.
- CORONA, G., ABARCA, G., & CARREÑO, J. (2014). Sensores y actuadores aplicaciones con arduino. Azcapotzalco: Patria.
- EBEL, F. (2007). Automatización y control. Alemania. 4ta Edición.
- FERNANDEZ, C. (13 de mayo de 2017). wordpress.com. Obtenido de WORDPRESS.COM: [https://ctmaconsultores.com/sistemas-gestion-integrados/](https://camfc29.wordpress.com/2do-ano/bimestre5/tareas/procesosproductivos-industriales/GUERRA, C. (2017). Introducción a la robótica. Santa Cruz de la Sierra.IBCE. (4 de agosto de 2017). Un habitante 'consume' tres calzados por año en Bolivia, págs. 1-1. Recuperado el 14 de febrero de 2019, de CTMA consultores: <a href=)
- MATEOS, F. (2001). Sistemas Automatizados. Asturias. 2da Edición.
- SANCHIS, R., ROMERO, J., & ARIÑO, V. (2010). Automatización Industrial. Universitat Jaume. 3ra Edición.
- SCHVAB, L. (2011). máquinas y herramientas. buenos aires: Ministerio de Educación
- ZAPATA, J. (2013). diseño de elementos de máquinas I. Piura. 5ta Edición

CITA

