

APLICACIÓN DE SERIES TEMPORALES PARA LA DETECCIÓN DE PATRONES Y PROYECCIÓN DE TIEMPOS PERDIDOS EN LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR

Application of time series for the detection of patterns and projection of lost time in cane sugar processing

Angel Oseas Ajcabul Raxhón

Mtro. en Estadística Aplicada
Ing.qind@gmail.com

Byron de Jesús López Maldonado

Mtro. en Energía y Ambiente
bjlm1962@yahoo.com

Recibido: 22 de octubre de 2022. | Revisado: 24 de marzo de 2023. | Aprobado: 8 de mayo de 2023.

RESUMEN

En esta investigación se utiliza la información sobre los tiempos perdidos en un ingenio azucarero con el fin de apoyar en la toma de decisiones al realizar planes de mitigación de los paros de molienda.

Se aborda inicialmente con la categorización de los tiempos perdidos para su posterior clasificación mediante el principio de Pareto, luego se presenta un análisis descriptivo de la serie temporal de los paros de molienda en frecuencia y duración, terminando con un pronóstico de los tiempos perdidos para los primeros 15 días de la zafra 20-21, al aplicar el método de Holt-Winters. Los resultados obtenidos muestran que la calidad de la materia prima y las fallas de los equipos, constituyen la fuente principal de los paros de molienda y se sugiere que se tomen en cuenta al momento de desarrollar planes de mejora en la fabricación del azúcar.

PALABRAS CLAVE

ARIMA, Holt-Winters, principio de Pareto, tiempos perdidos, fabricación de azúcar.

ABSTRACT

This research focuses on using the information on lost time in a sugar mill to support decision-making when carrying out mill stoppage mitigation plans.

It is approached initially with the categorization of the lost time for their subsequent classification by means of the Pareto principle, then a descriptive analysis of the time series of the milling stops in frequency and duration is presented, ending with a forecast of the lost time for the first 15 days of the 20-21 harvest, using the Holt-Winters method. The results obtained show that raw material quality and equipment failures constitute the main causes for lost time, and it is suggested that they be considered when developing improvement plans in cane sugar processing.

KEYWORDS

ARIMA, Holt-Winters, Pareto principle, lost times, sugar manufacture.

INTRODUCCIÓN

El azúcar es una materia prima cuyo precio es determinado por la oferta y demanda del mercado internacional, motivo por el cual, los ingenios azucareros buscan constantemente la mejora y optimización de sus procesos para aumentar el margen de ganancia al producirlo. El costo de producción del azúcar muchas veces se ve afectado por la cantidad de tiempos perdidos que se puedan presentar durante cada zafra, siendo una oportunidad de mejora evidente.

Este trabajo presenta una metodología para aprovechar los registros de los tiempos perdidos de un ingenio azucarero en Guatemala, mediante la categorización, clasificación, descripción y aplicaciones de series temporales para proyectar los paros de molienda de la zafra 20-21 a partir de datos de las zafras 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020. Se identifican escasos estudios sobre los tiempos perdidos aplicados a la industria azucarera, pero se toma de referencia la investigación que reportan Garcés y Castrillón (2017).

DESARROLLO DEL ESTUDIO

El estudio tiene un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental de tipo longitudinal, pues se analizan los registros de los tiempos perdidos que afectan la producción de azúcar en un ingenio de Guatemala, desde el año 2017 hasta el año 2020, con los cuales se hacen estimaciones de frecuencia y duración para un período posterior. El alcance inicial de la investigación es descriptivo porque aplica un método para analizar los registros de los tiempos perdidos e identificar las causas principales; se finaliza con un alcance explicativo al determinar la ocurrencia en función del tiempo y hacer proyecciones para el año 2021. Entre los objetivos de la investigación se encuentran: identificar las causas principales de los tiempos perdidos en las zafras (2017-2020), así como describir los patrones de ocurrencia de los paros de molienda y con ello, realizar un pronóstico para la zafra 20-21.

Los resultados de esta investigación se obtienen mediante la aplicación del principio de Pareto (Koch, 2013), para la clasificación de los paros de molienda que más influyen en la producción. La descomposición de las series temporales que representan la frecuencia, duración y proyección, se realizan mediante la técnica de Holt-Winters y ARIMA (Caridad, 2012), para seleccionar el mejor modelo con el criterio de pérdida de información BIC y AIC, con el soporte del programa Python y el software Minitab 19.

RESULTADOS OBTENIDOS

La categorización de los tiempos perdidos se hace en función de las causas comunes que presenten al momento de su ocurrencia, dentro de esta categorización se pueden encontrar los relacionados con la materia, fallas en equipos y otros relacionados con piedras atoradas en la línea de producción. Luego se muestran los tiempos perdidos que influyen más en la producción, aplicando el principio de Pareto en función de la duración y frecuencia. Ver figuras I y II.



Figura 1. Diagrama de Pareto de la duración de tiempos perdidos.

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Pareto de la frecuencia de tiempos perdidos.
Fuente: elaboración propia.

Tabla 1
Pronósticos con el método de Holt-Winters

Día	Tiempo [min]	Frecuencia
1	272	5
2	285	4
3	354	4
4	334	4
5	332	4
6	302	4
7	307	3
8	269	5
9	282	4
10	350	4
11	331	4
12	329	4
13	299	4
14	304	3
15	266	5

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 1 se muestran los pronósticos de los tiempos perdidos para la duración (minutos) y la frecuencia (recuento de eventos) de los primeros 15 días de operación de la zafra 20-21m utilizando la técnica de Holt Winters (la técnica con mejor ajuste en comparación con los pronósticos usando el método ARIMA).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En su investigación Garcés y Castrillón (2007), condensan los tiempos muertos en cinco grupos según la naturaleza del acontecimiento registrado, a diferencia de la presente investigación en la que se categorizan los tiempos perdidos en seis grupos importantes, debido a la complejidad del proceso de producción y a los diferentes departamentos que aportan el abastecimiento de insumos, siendo estos los relacionados con la materia prima, fallas en los equipos, mantenimientos, fallas en la operación y otros (el resto de los problemas que son menos frecuentes).

De acuerdo con el principio 80-20 (Koch, 2013), la mayor parte de los efectos provienen de unas cuantas causas, por lo que se identifican las que mayor impacto tienen en el período analizado en función de la frecuencia y la duración, esto se muestra en la Figura 1 y Tabla 1, respectivamente. Los 10 problemas que causan el 80 % del tiempo total de paro registrado se deben a la materia prima, fallas en equipos, mantenimientos programados y problemas de abastecimiento. Según Pérez, Navarro y Garrido (2014), los tiempos perdidos relacionados con la materia prima provocan una reducción en las ganancias de hasta el 20 %, mostrando una oportunidad importante para profundizar y cuantificar las pérdidas obtenidas.

Un resultado interesante obtenido de la clasificación es que los problemas con mayor tiempo acumulado pueden ser por diversas causas (materia prima, abastecimiento, fallas en equipos y problemas menores), pero los problemas cuya frecuencia acumulada es alta, están asociados únicamente a la

materia prima, fallas en equipos y en menor proporción con los problemas menores.

Los resultados que se incluyen en la tabla 1 muestran los pronósticos obtenidos con el método de Holt-Winters, comparado con el método ARIMA. Se estiman 61 paros de molienda, acumulando 4,616 minutos y un tiempo medio de 30 minutos. Tal y como lo indican Contreras, Zúñiga, Martínez y Sánchez (2016), la técnica de suavizado exponencial triple o Holt Winters, es sencilla, pero con un buen ajuste para hacer pronósticos. En los resultados de esta investigación, se identifica como el mejor modelo obtenido. Los resultados muestran que los tiempos perdidos se relacionan con la materia prima y las fallas en los equipos en la línea de producción. El mejor modelo para los pronósticos de los tiempos es el de Holt-Winters, estimando más de cuatro mil minutos acumulados para la zafra 20-21.

CONCLUSIONES

1. La categorización de los paros de molienda permite dividirlos en seis grupos, los cuales son: materia prima, fallas y mantenimiento de equipos, abastecimiento de materia prima, fallas en la operación y otros restantes.
2. El 20 % de los problemas que provocan el 80 % del tiempo perdido total registrado son: tanques llenos (meladura, miel y jugo), bajo brix de meladura, falta de caña, caña y bagazo atorado, mantenimientos, limpieza de tacho continuo, cadenas descarriladas, ajustes y problemas mecánicos en centrífugas, molinos y problemas con piedras.
3. Los paros de molienda que se analizan tienden a tener un comportamiento aleatorio pero con ciclos de siete días, atribuyéndose a los cambios en la calidad de la materia prima y fallas en los equipos de producción, principalmente.

4. El pronóstico obtenido con el método de Holt-Winters estima para los primeros 15 días de la zafra 20-21 un total de 61 paros de molienda y 4,616 minutos de duración total.
5. Los pronósticos para los primeros 15 días de la zafra 20-21 están relacionados con la calidad de la materia prima, mantenimiento de los equipos, problemas mecánicos y eléctricos.

RECOMENDACIONES

A las fábricas de producción de azúcar:

1. Categorizar los problemas que se registren, con el fin de estandarizar el almacenamiento de la información para futuros análisis.
2. Priorizar la mitigación de los problemas identificados con el principio de Pareto, porque son los que mayor impacto tienen en el tiempo perdido total.
3. Analizar desde un punto de vista de asignación, los cambios de turno que ocurren cada siete días (u otro periodo de cambio), pues se detecta un incremento en la descomposición de las series de tiempo.

REFERENCIAS

- Caridad, J. (2012). *Econometría: Modelos econométricos y series temporales*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- Contreras, J., Zúñiga, C., Martínez, J. y Sánchez, D. (2016). *Análisis de series de tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos*. Universidad ICESI. Puebla, México.
- Garcés, D. y Castrillón, O. D. (2017). *Diseño de una Técnica Inteligente para Identificar y Reducir*

los Tiempos Muertos en un Sistema de Producción. *Información tecnológica*, 28(3), 157-170. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000300017>Koch, R. (2013). *The 80/20*

Koch, R. (2013). *The 80/20 Principle and other power laws of nature*. Boston, Estados Unidos: Nicholas Brealey Publishing.

Pérez, I., Navarro, H. y Garrido, N. (2014). *Influencia del tiempo perdido industrial sobre la economía de los ingenios azucareros*. ICIDCA. Ciudad de La Habana, Cuba.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Ingeniero Químico, Angel Oseas Ajcabul Raxhón, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2016.

Maestro en Estadística Aplicada de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2021.

Afiliación laboral: Grupo CEMACO. Guatemala.

Ingeniero Químico, Byron de Jesús López Maldonado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.

Maestro en Energía y Ambiente, Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.

Afiliación laboral: Ingenio Santa Ana, Escuintla, Guatemala.