

## MÉTODO PARA EL CÁLCULO DEL COSTO DE LA INDISPONIBILIDAD EN PROCESOS PRODUCTIVOS

\*Eduardo Hernández-Dávila<sup>1</sup>, Bethy Angulo-Guano<sup>2</sup>,  
Pablo Fiallos-Velasco<sup>1</sup>, Verónica Chávez-Panamito<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica,  
Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, Riobamba (Ecuador).

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Administrativas,  
Escuela de Contabilidad y Auditoría, Latacunga (Ecuador).

\*eduseghe@hotmail.com

### Resumen

En el presente trabajo se propone un método para el cálculo del lucro cesante o costo de la indisponibilidad en máquinas productivas a partir del costeo directo o variable de la contabilidad de costos general con el propósito de proporcionar a los gestores del mantenimiento, una herramienta para la toma de decisiones y selección de estrategias rentables en función de la incidencia que tienen las variaciones de disponibilidad en la generación de utilidad de un ejercicio económico; también permite determinar la máxima inversión rentable para cada unidad porcentual de disponibilidad que se desee incrementar y permite evidenciar de mejor manera los beneficios económicos de una gestión del mantenimiento apropiada. La validación del método propuesto se desarrolló, generando datos mediante el método Monte Carlo y evaluándolos con el test no paramétrico de Wilcoxon.

**Palabras claves:** mantenimiento, disponibilidad, indisponibilidad, costo, lucro cesante.

### Abstract

In this paper was proposed a method for calculating the ceased of profit or cost of unavailability in productive machines from the direct or variable cost of the general cost accounting in order to provide the maintenance managers with a tool for the Decision-making and selection of profitable strategies based on the impact of the variations in availability on the generation of profits of an economic period; Also allow to determine the maximum cost-effective investment for each percentage unit of availability to be increased and allows better evidence of the economic benefits of proper maintenance management. The validation of the proposed method was developed, generating data using the Monte Carlo method and evaluating them with the nonparametric Wilcoxon test.

**Key words:** maintenance, availability, unavailability, costs, loss of profits.

## INTRODUCCIÓN

Normalmente en los procesos productivos, las fallas imprevistas de máquinas, interrumpen el normal flujo de la producción, ocasionando consecuencias que van más allá del costo asociado a la reparación (1,2), ya que por ese lapso de tiempo no se podrá fabricar y por lo tanto esos

productos no fabricados, no generan ingresos. En procesos de producción continua, las actividades de mantenimiento preventivo también interrumpen el flujo de la producción, y es por eso que, en este caso, los tiempos de estas actividades también causan el mismo problema.

Esta pérdida en la generación potencial de ingresos, es conocida como lucro cesante o costo de oportunidad (3).

Para calcular el costo asociado a la reparación o costo directo de mantenimiento, es habitual que se emplee la contabilidad de costos sin ningún problema; pero para calcular el lucro cesante, no existe un método directo y claro, por ser considerado un costo oculto (3), y por tanto no pueden ser calculados directamente con la contabilidad de costos vigente, debido a que ésta, se basa estrictamente en los costos y gastos incurridos por los productos fabricados y vendidos (4).

Como se puede ver, el lucro cesante producido por las intervenciones de mantenimiento es el costo de producción del tiempo en el cual el proceso productivo no está disponible, o sea, es el costo de la indisponibilidad del proceso, lo que indica que, a mayor disponibilidad, mayor producción, por tanto, habrá más ingresos que se traducen en mayor utilidad. Esta afirmación se adapta bien a empresas de proceso continuo que trabajan al límite de su capacidad (3). No obstante, para otro tipo de empresas como las de servicios, existen otros parámetros a considerar, como lo hacen (5) en el sector hotelero.

Por otro lado, los costos totales de mantenimiento en donde se incluye el costo de la indisponibilidad o del no mantenimiento como lo llaman otros autores es un referente de la efectividad global de la gestión del mantenimiento de cualquier tipo de organización (6–8) y es por eso, que este trabajo cobra importancia.

De acuerdo a la bibliografía consultada, varios autores como (7–9) proponen cada uno de ellos, unos métodos coherentes para calcular el costo de la indisponibilidad que podría generalizarse para cualquier empresa productiva; sin embargo, éste se desarrolla exclusivamente con los

costos propios de las actividades del departamento de mantenimiento de manera separada de la contabilidad de costos general de la empresa, dificultando en menor o mayor grado la comunicación con la dirección empresarial, afectando a la toma de decisiones y a la probabilidad de aprobar los emprendimientos y proyectos de mantenimiento.

En esta investigación, de tipo experimental y analítica, se propone desarrollar un método para el cálculo del costo de la indisponibilidad, utilizando el método deductivo, en donde partiendo de la contabilidad de costos general, que analiza la relación existente entre utilidad y los productos fabricados y vendidos, se establece la relación existente entre la variación de la utilidad y la variación de la indisponibilidad, evidenciando que los costos propios de las actividades de mantenimiento son parte de las organizaciones y por lo tanto afectan en sus resultados económicos y como consecuencia, pueden visibilizarse en los sistemas de costeo convencionales y en particular en el costeo directo o variable.

La validación del método propuesto se realizará comparando con el estadístico Wilcoxon, los resultados de la iteración de 5000 experimentos con el método Monte Carlo, en donde se ingresarán aleatoriamente un rango de valores de la indisponibilidad de un proceso.

## MÉTODOS Y MATERIALES

### Costeo Directo

En la contabilidad de costos, la utilidad operacional es la diferencia entre el total de ingresos y los costos totales (4).

$$UTL = VT - CT \quad (1)$$

Donde UTL es la utilidad, VT son las ventas totales (Ingresos) y CT son los costos totales.

Si se expresa la ecuación (1) en función del margen de contribución unitario (costeo directo o variable), se obtiene:

$$\begin{aligned} UTL &= VT - CT \\ UTL &= (PV_u * Q) - (CV_u * Q + CF) \\ UTL &= (PV_u - CV_u) * Q - CF \\ UTL &= MC_u * Q - CF \end{aligned} \quad (2)$$

Donde  $PV_u$  es el precio de venta unitario,  $CV_u$  es el costo variable unitario,  $MC_u$  es el margen de contribución uni-

tario, Q representa los productos fabricados y vendidos, y CF es el costo fijo.

La figura 1, utilizada en varias bibliografías de la contabilidad de costos, indica la relación entre UTL y Q, en donde se puede observar que la utilidad crece o decrece a un ritmo igual al margen de contribución unitario ya que es la pendiente de la recta.

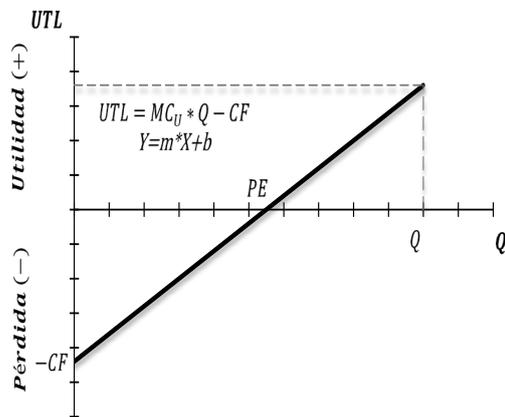


Figura 1. Gráfica de la utilidad Vs. los productos fabricados y vendidos

También se puede observar que cuando no existen ventas ( $Q=0$ ), la utilidad es negativa e igual a los costos fijos y cuando la recta corta el eje de las abscisas, la utilidad es igual a cero y Q representa a la cantidad de productos que se deben vender para ni ganar ni perder, o sea es el punto de equilibrio (PE) (10).

### Modelo propuesto

El método de cálculo propuesto, se desarrolló a partir de la ecuación (2), considerando que en una economía de mercado de oferta, el  $PV_U$  está establecido por el mercado (3), lo que hace que el  $MC_U$  permanezca constante; en tanto que, Q y CF, pueden variar, produciendo una variación en la utilidad. Estas variaciones se indican gráficamente en la figura 2 y se pueden expresar matemáticamente con la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} (UTL_2 - UTL_1) &= MC_U * (Q_2 - Q_1) - (CF_2 - CF_1) \\ \Delta UTL &= MC_U * \Delta Q - \Delta CF \end{aligned} \quad (3)$$

Donde  $\Delta UTL$  es la variación de la utilidad,  $\Delta Q$  es la variación de los productos fabricados y vendidos, y  $\Delta CF$  es la variación de los costos fijos.

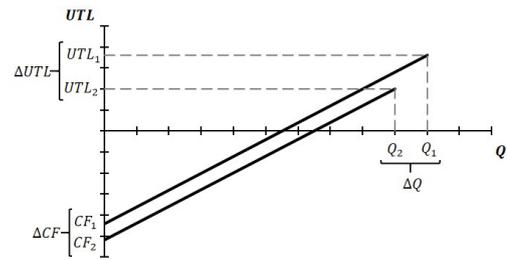


Figura 2.  $\Delta UTL$  Vs.  $\Delta CF$  y  $\Delta Q$

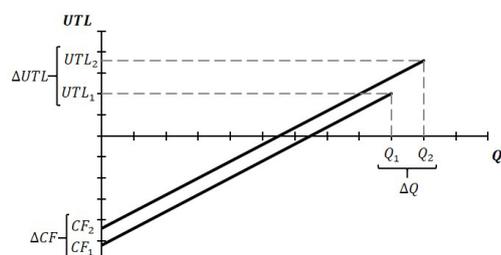
$Q_1$  representa los productos fabricados con una determinada disponibilidad; si esta disponibilidad disminuye, la producción también disminuirá y tan solo se alcanzará la producción  $Q_2$ ; en este caso,  $\Delta Q$  es negativo ( $Q_2 - Q_1$ ). Esto produciría una disminución de la utilidad (lucro cesante).

Por otro lado, la disminución de la disponibilidad genera también otro efecto adverso sobre la utilidad, debido al desembolso que se debe realizar para enfrentar el incremento de intervenciones de mantenimiento correctivo y/o preventivo. Estos valores se suman en los costos fijos e incluyen: repuestos, materiales, servicios externos, horas extras, energía adicional, etc.

Se considera que los costos fijos no varían ( $\Delta CF=0$ ) ya que representan los sueldos y salarios regulares del personal de mantenimiento, gastos administrativos generales del departamento de mantenimiento, depreciación de equipo y máquinas de mantenimiento, costos de bodega, y cualquier otro que se mantenga constante sin importar el número de intervenciones de mantenimiento.

La ecuación (3) también se puede expresar en positivo (figura 3), donde en este caso  $\Delta Q$  es la cantidad de productos que se fabrican y venden por un incremento de disponibilidad, dentro de un periodo considerado de tiempo en el que se desa-

rolla el ejercicio económico y  $\Delta CF$  es la inversión requerida para conseguir el incremento de  $Q$ , restado el posible ahorro por la disminución de las actividades de mantenimiento. Si la demanda es mayor a la oferta, la utilidad se incrementa.



**Figura 3. Incremento de la utilidad debido al incremento de  $Q$  y a la disminución de  $CF$**

Para expresar la ecuación (3) en términos de la disponibilidad; se parte de la ecuación para el cálculo de la disponibilidad operacional de la norma EN 15341:2007 (11); utilizando acrónimos para nombrar las variables y generalizándola para cualquier tipo de disponibilidad ( $D$ ).

$$D = \frac{TD}{TR} * 100\% \quad (4)$$

Donde  $TD$  es el intervalo de tiempo durante el cual un elemento se encuentra en estado de que pueda realizar una función requerida, asumiéndose que se proporcionan los recursos externos si fuesen necesarios y  $TR$  es el intervalo de tiempo durante el cual se requiere que un elemento se encuentre en estado de disponibilidad (12).

La variación de la disponibilidad puede expresarse con la siguiente ecuación:

$$\Delta D = D_2 - D_1 = \frac{TD_2 - TD_1}{TR} * 100\% \quad (5)$$

Donde  $TD_1$  es el tiempo de disponibilidad en el que se fabricó  $Q_1$  y  $TD_2$  es el tiempo de disponibilidad en el que se fabricó  $Q_2$

Si la capacidad operacional  $C$  (Unidades fabricadas por unidad de tiempo) es conocida en el momento en que se produce la indisponibilidad y relativamente constante en el caso de evaluar un periodo de tiempo largo; entonces,  $C$  puede multiplicarse al numerador y denominador de la ecuación (5):

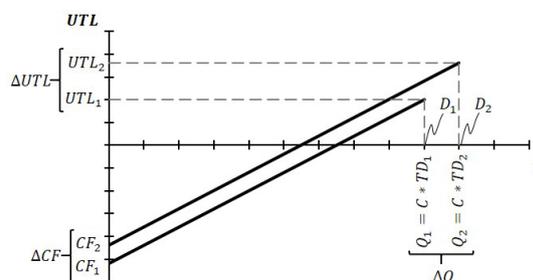
$$\Delta D = \frac{C * TD_2 - C * TD_1}{C * TR} * 100\% \quad (6)$$

Donde  $C * TD_1$  es la producción  $Q_1$  alcanzada con la disponibilidad  $D_1$ ,  $C * TD_2$  es la producción  $Q_2$  alcanzada con la disponibilidad  $D_2$  y  $C * TR$  es la producción nominal, potencial o teórica  $Q_0$  alcanzada con el 100% de disponibilidad (Ecuación (7)).

$$Q_0 = C * TR \quad (7)$$

Los términos de la ecuación (6) se ilustran en la figura 4, en donde se observa que dicha ecuación puede simplificarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \Delta D &= \frac{Q_2 - Q_1}{Q_0} * 100\% \\ \Delta D &= \frac{\Delta Q}{Q_0} * 100\% \end{aligned} \quad (8)$$



**Figura 4. Asociación de la disponibilidad con los productos fabricados y vendidos**

Si se reemplaza la ecuación (8) en la (3), se obtiene:

$$\Delta UTL = MC_U * Q_0 * \frac{\Delta D}{100\%} - \Delta CF \quad (9)$$

Reemplazando las ecuaciones (6) y (7) en la (9), se obtiene:

$$\begin{aligned} \Delta UTL &= MC_U * C * TR * \frac{TD_2 - TD_1}{TR} - \Delta CF \\ \Delta UTL &= MC_U * C * (TD_2 - TD_1) - \Delta CF \\ \Delta UTL &= MC_U * C * \Delta TD - \Delta CF \end{aligned} \quad (10)$$

Esta ecuación indica que el incremento de TD, contribuye con la generación de utilidades y viceversa, la disminución de TD (por ejemplo, como resultado de una parada de producción), perjudica la generación de utilidades.

Dado a que  $D=100\% - ID$ , se tiene que:

$$\Delta D = - \Delta ID \quad (11)$$

Donde ID es la indisponibilidad y  $\Delta ID$  es la variación de la indisponibilidad.

Por tanto, la ecuación (9) puede expresarse como:

$$\Delta UTL = -MC_U * Q_0 * \frac{\Delta ID}{100\%} - \Delta CF \quad (12)$$

De manera análoga,  $TD = TR - TID$ , por tanto:

$$\Delta TD = - \Delta TID \quad (13)$$

Donde TID es el tiempo de indisponibilidad y  $\Delta TID$  es la variación del tiempo de indisponibilidad.

Por tanto, la ecuación (10) puede expresarse como:

$$\Delta UTL = - MC_U * C * \Delta TID - \Delta CF \quad (14)$$

Para calcular la máxima inversión rentable ( $\Delta CF$ ) para incrementar un grado porcentual de disponibilidad, se parte de la ecuación (9), se despeja  $\Delta CF$ , se iguala a cero la  $\Delta UTL$  y se le da a  $\Delta D$  el valor de 1%, obteniendo la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \Delta UTL &= MC_U * Q_0 * \frac{\Delta D}{100\%} - \Delta CF \\ \Delta CF &= MC_U * Q_0 * \frac{\Delta D}{100\%} - \Delta UTL \\ \Delta CF &= MC_U * Q_0 * \frac{1\%}{100\%} - 0 \\ \Delta CF &\leq \frac{MC_U * Q_0}{100\%} \end{aligned} \quad (15)$$

Esto significa que, por cada grado porcentual de incremento de disponibilidad, resulta no rentable, las inversiones ( $\Delta CF$ ) mayores a un centésimo de la utilidad marginal nominal ( $MC_U * Q_0$ ) dentro del periodo de análisis; sin embargo, la inversión podría recuperarse en los siguientes periodos.

### Caso de estudio

En una empresa cementera el margen de contribución unitario es de aproximadamente \$ 20,00 USD por tone-

lada de cemento. La capacidad de producción nominal es de 350 000 toneladas al año. Tomando en cuenta que la disponibilidad obtenida durante un año completo fue del 96%, se puede calcular el lucro cesante de ese periodo. Para esto, se debe recordar que el lucro cesante es la utilidad no generada por no alcanzar la producción nominal ( $Q_0$ ), debido a que existieron paradas de producción que impidieron alcanzar el 100% de disponibilidad, por lo tanto:

$$\Delta ID = 100\% - 96\% = 4\%$$

Por otra parte, no existe información relacionada con la inversión requerida para alcanzar la disponibilidad del 100%, ni de los cotos directos de las reparaciones; por lo que  $\Delta CF$  se la considerará como cero, por lo que no varía.

De la ecuación (12):

$$\Delta UTL = -MC_U * Q_0 * \frac{\Delta ID}{100\%} - \Delta CF$$

$$\Delta UTL = -\$ 20,00 * 350\ 000 * \frac{4\%}{100\%}$$

$$\Delta UTL = - \$ 280\ 000,00$$

El lucro cesante del periodo evaluado fue de \$ 280 000,00 dólares americanos; misma que es una cantidad de dinero representativa; sin embargo, esta empresa registra un promedio de disponibilidad del 77% en los últimos 12 años, lo que significa una pérdida de aproximadamente \$ 1 610 000,00 dólares americanos al año.

En este caso de estudio, se estima que alineando y balanceando las principales máquinas del proceso, se incrementaría la disponibilidad al 97% y se produciría un ahorro en repuestos y eficiencia energética de \$ 12 000,00 al año. El costo que una empresa externa ha cotizado por esas actividades es de \$ 35 000,00.

Para conocer si es conveniente o no contratar ese servicio para la cementera, se emplea la ecuación (9), de la siguiente manera:

$$\Delta UTL = MC_U * Q_0 * \frac{\Delta D}{100\%} - \Delta CF$$

$$\Delta UTL = \$ 20,00 * 350\ 000 * 0,01 - (\$ 35\ 000,00 - \$ 12\ 000,00)$$

$$\Delta UTL = \$ 47\ 000,00$$

Si se contrata el servicio la empresa tendrá un beneficio económico de \$ 47 000,00. Para conocer la máxima inversión rentable para incrementar una unidad porcentual de disponibilidad, se emplea la ecuación (15), como se indica a continuación:

$$\Delta CF \leq \frac{MC_U * Q_0}{100\%}$$

$$Inversión - \$ 12\ 000,00 \leq \frac{\$ 20,00 * 350\ 000}{100\%}$$

$$Inversión \leq \$ 70\ 000,00 + \$ 12\ 000,00 = \$ 82\ 000,00$$

Si la inversión que en este caso consiste en el costo de alineación y balanceo de las principales máquinas del proceso cementero; supera los \$ 82 000,00; esta inversión, no se recuperaría en un año que es el tiempo de duración del periodo de análisis; sino en los siguientes años.

Finalmente, empleando la ecuación (10), se puede determinar el lucro cesante por cada hora de parada del sistema de producción, considerando que la capacidad de producción nominal de 350 000 toneladas al año representa una capacidad de producción promedio de 120 toneladas por hora. Entonces se deduce:

$$\Delta UTL = MC_U * C * \Delta TD - \Delta CF$$

$$\Delta UTL = \$ 20,00 \frac{USD}{Ton} * 120 \frac{Ton}{h} * 1h - 0$$

$$\Delta UTL = \$ 2\ 400,00$$

El lucro cesante producido por cada hora de paro de producción es de \$ 2 400,00.

### Método Monte Carlo

El modelo determinista del método Monte Carlo, se definió mediante los cálculos habituales en un balance de situación económica con el sistema de costeo directo y con la ecuación (12) en

donde se determina la variación de utilidad entre dos periodos con los datos de la tabla 1.

VARIABLE	VALOR
<i>C</i>	62,5 U/h
<i>TR</i>	160 h
<i>PV<sub>U</sub></i>	\$ 10,00
<i>CV<sub>U</sub></i>	\$ 6,00
<i>CF</i>	\$ 22 000,00

Tabla 1. Datos de entrada constantes para la simulación

En el primer periodo la disponibilidad es del 100% y en el segundo la disponibilidad varía aleatoriamente 5000 veces, dentro de un rango del 80% al 90%, causando una disminución de los productos fabricados y vendidos, y por ende un decremento de la utilidad (Costo de la indisponibilidad). Esta variación de la utilidad obtenida mediante la ecuación (12) es la que será comparada con la obtenida mediante el costeo directo. Estas simulaciones experimentales se realizarán mediante el algoritmo de la figura 5 en el software estadístico R.

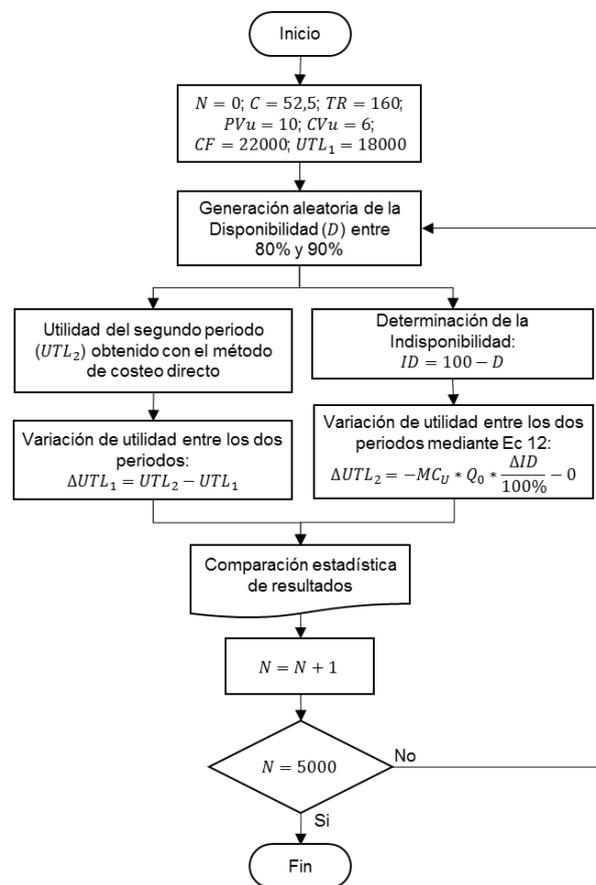


Figura 5. Algoritmo para la simulación mediante el método Monte Carlo

## RESULTADOS

Los resultados detallados del balance de situación económica con el sistema de costeo directo de una sola iteración se indica en la tabla 2, en donde se observa que la disminución de la utilidad entre los dos periodos fue de \$ -8 000,00.

Por otro lado, empleando la ecuación (12) se obtuvo el mismo resultado:

$$\Delta UTL = -MC_U * Q_0 * \frac{\Delta ID}{100\%} - \Delta CF$$

$$\Delta UTL = \$ - 4,00 * 10\ 000 * \frac{20\%}{100\%} - 0$$

$$\Delta UTL = \$ - 8\ 000,00$$

DETALLE	PRIMER PERIODO	SEGUNDO PERIODO	DIFERENCIA (2° - 1°)	DIFERENCIA PORCENTUAL
<i>Disponibilidad</i>	100%	80%	-20%	-20%
<i>Unidades fabricadas y vendidas</i>	10 000 und	8 000 und	-2 000 und	-20%
<i>Ingresos</i>	\$ 100 000,00	\$ 80 000,00	\$ -20 000,00	-20%
<i>Costos variables</i>	\$ 60 000,00	\$ 48 000,00	\$ -12 000,00	-20%
<i>Costos fijos</i>	\$ 22 000,00	\$ 22 000,00	\$ 0,00	0%
<i>Utilidad</i>	\$ 18 000,00	\$ 10 000,00	\$ -8 000,00	-40%

Tabla 2. Datos de entrada constantes para la simulación

Los resultados estadísticos de la simulación se indican en la figura 6, a través de diagramas de cajón.

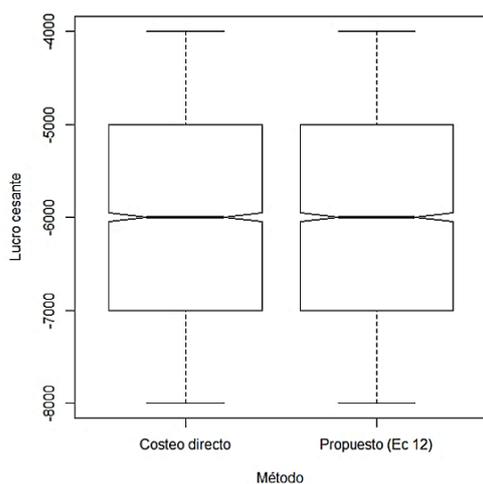


Figura 6. Estadística de la simulación

Antes de poder realizar la evaluación de los resultados es necesario hacer un test de normalidad de los datos obtenidos en la simulación, para lo que se empleó el método Shapiro-Wilk, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 3.

VARIABLE	W	P-VALOR	NORMALIDAD
$\Delta UTL_1$	0,95423	2,20E-16 < 0,05	No se distribuye normalmente
$\Delta UTL_2$	0,95423	2,20E-16 < 0,05	No se distribuye normalmente

Tabla 3. Resultados del test de normalidad de los datos simulados

Dado que las variables tienen un p-valor menor a 0,05, o sea no tienen distribución normal, se procede a la evaluación de la ecuación propuesta (12) mediante el método no paramétrico de Wilcoxon; en donde la H0 corresponde a la igualdad de las muestras, que indicaría que la ecuación es válida.

VARIABLES COMPARADAS	W	P-VALOR
$\Delta UTL_1; \Delta UTL_2$	12502000	0,9887 > 0,01

Tabla 4. Resultados del test de Wilcoxon

## DISCUSIÓN

El método propuesto consta de varias ecuaciones (9, 10, 12, 14 y 15) cuya diferencia es la variable que manejan; sin embargo, comparten el mismo fundamento; por lo que la validación de una de ellas, valida a las otras.

Los datos del sistema de costeo directo y del método propuesto, obtenidos mediante el método Monte Carlo tienen medidas de tendencia central similares (figura 6). Esto es comprensible ya que el uno se deriva del otro; por tanto, la coincidencia en los resultados indica que las deducciones son acertadas, lo que se confirma en la evaluación de hipótesis.

En la evaluación de hipótesis, el p-valor obtenido con el test de Wilcoxon mediante el software estadístico R, es mayor que 0,01; por lo tanto, se acepta la  $H_0$  y se concluye que no existe suficiente evidencia para demostrar que las dos muestras son diferentes con el 99% de confianza; por consecuencia, hasta el momento, el método propuesto es válido.

## CONCLUSIONES

- El método propuesto integra cada uno de los costos de mantenimiento dentro del sistema de costeo directo; donde, en concordancia con la característica del costo variable, las consecuencias operacionales de la indisponibilidad que varía la cantidad de productos fabricados y vendidos, produce el componente variable, y en concordancia con la característica del costo fijo, los costos de mantenimiento que se generan independientemente de la cantidad de productos fabricados y vendidos, conforman el componente fijo.
- Por lo que se evidencia de que no se requiere de la utilización de un sistema de costeo paralelo que sea exclusivo solo para el departamento de mantenimiento.
- El método propuesto, es una forma de cálculo simple de las pérdidas ocultas asociadas a las consecuencias operacionales de las fallas funcionales en los procesos productivos, que permite cuantificar el lucro cesante total y de cada hora de parada de la producción.
- Estos cálculos deben incluirse en la cuantificación del costo de mantenimiento; ya que, si se toma en cuenta el lucro cesante de la indisponibilidad, se puede evidenciar de mejor manera los beneficios de una gestión del mantenimiento apropiada.
- La ecuación (15) determina la máxima inversión para cada unidad porcentual de disponibilidad que se desee incrementar con un resultado rentable.
- Como la exactitud de los resultados depende de la exactitud del cálculo de la disponibilidad, se requiere que se hagan investigaciones de como las fallas afectan a la disponibilidad de un sistema, ya que existen fallas que no detienen al sistema, sino que reducen su capacidad productiva.
- Este método es un referente de investigación para desarrollar nuevas formas de cálculo del costo óptimo del mantenimiento en función de la contribución a la utilidad que tengan las diferentes estrategias de mantenimiento.
- Otro campo de investigación que se abre con este método es la determinación de la disponibilidad óptima para un proceso, bajo un contexto operacional determinado.

1. Mora A. Mantenimiento industrial efectivo. 2nd ed. Medellín: Coldi; 2012.
2. Moubray J. RCM II Mantenimiento centrado en la confiabilidad. 2nd ed. North Carolina: Aladon LLC; 2004.
3. Charray C. Mantenimiento predictivo: una técnica que reduce o elimina averías inesperadas. Dyna [Internet]. 2000 [citado 18 Junio 2017]; 28–34. Disponible en: <http://www.revistadyna.com/Recursos/Controles/descarga.aspx?IdDocumento=1972&Tipo=1&CodIdioma=&IdWeb=e8d948e0-b75e-4537-8e16-687622b6b7ce>.
4. Bravo M, Ubidia C. Contabilidad de costos. 2nd ed. Quito: Nuevo Día; 2009.
5. Fabelo O, Sánchez D. Propuesta de metodología para el cálculo del costo del No Mantenimiento. Ingeniería Mecánica [Internet]. 2009 [citado 22 febrero 2017]; 12: 49–58. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/57/377>
6. Galar D, Berges LF, Royo J. La problemática de la medición del rendimiento en la función mantenimiento. Dyna [Internet]. 2010 [citado 18 Junio 2017]; 85: 429–38. Disponible en: <http://www.revistadyna.com/Recursos/Controles/descarga.aspx?IdDocumento=3447&Tipo=1&CodIdioma=&IdWeb=e8d948e0-b75e-4537-8e16-687622b6b7ce>.
7. Galar D, Berges L, Lambán MP, Tormos B. La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPIs financieros. DYNA [Internet]. 2014 [citado 19 enero 2017]; 81: 102–9. Disponible en: <http://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/download/39510/44425>.
8. Founaud C. Análisis de efectividad de un área sobre la base de los datos de mantenimiento previamente planificado y racionalizado. Dyna [Internet]. 1984 [citado 18 Junio 2017]; 12: 19–25. Disponible en: <http://www.revistadyna.com/Recursos/Controles/descarga.aspx?IdDocumento=2666&Tipo=1&CodIdioma=&IdWeb=e8d948e0-b75e-4537-8e16-687622b6b7ce>.
9. Batista C, Ramirez B, Guerrero O. Rentabilidad de la gestión del mantenimiento en los centrales azucareros cubanos. Ingeniería Mecánica [Internet]. 2003 [citado 21 febrero 2017]; 1: 69–75. Disponible en: <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu/index.php/revistaim/article/download/246/587>.
10. Horngren C, Datar S, Foster G. Contabilidad de costos. Un enfoque gerencial. 12th ed. México: PEARSON EDUCACIÓN; 2007.
11. EN 15341. Maintenance - Maintenance Key Performance Indicators. Suiza: European Committee for Standardization; 2007.
12. EN 13306. Maintenance - Maintenance terminology. Suiza: European Committee for Standardization; 2010.