

Análisis técnico económico de la implementación de mejoras en el procesamiento de carbonato de calcio

Technical and economic analysis of implementing improvements in processing calcium carbonate

Oscar Javier Araque de los Rios^{2*}, Laura Constanza Gallego Cossio

¹ M Sc, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia
oscar.araque@unibague.edu.co

² M BA. Facultad de Contaduría Pública, Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué, Colombia
laura.gallego@campusucc.edu.co

Resumen— Este artículo de investigación presenta los resultados obtenidos de la evaluación técnico económica producto de la propuesta de mejoramiento en la empresa Mármoles del Tolima Ltda. En este se realiza inicialmente una descripción del proceso utilizado en la empresa en donde se identifican las maquinas involucradas en la operación, posteriormente se describen los diversos indicadores económicos utilizados para evaluar la pertinencia de las distintas propuestas de inversión; TIR : Tasa interna de retorno, TIO: Tasa de oportunidad, VPN: Valor presente neto, se realiza una descripción detallada del sistema de producción, la determinación de los aspectos técnicos que presentan criticidad en la operación y las propuestas técnicas de mejoramiento, posteriormente, se analiza desde la perspectiva económica, los resultados producto de las inversiones propuestas y finalmente se pudo determinar el beneficio de las mejoras técnicas propuestas a partir del análisis de los resultados financieros obtenidos, lo cual demuestra la utilidad de utilizar los indicadores financieros para la toma de decisiones gerenciales aplicados en este caso a una propuesta técnica.

Palabras clave: Análisis técnico económico, procesamiento de mármol, indicadores financieros.

Abstract— **Abstract**— In this research paper are presented the results obtained during evaluate Technical and economic product improvement Company Marmoles del Tolima Ltda. In these initially a description of the process used in the company where the machines involved are identified in operation, then describes the economic indicators used to evaluate the relevance of the various investment proposals; TIR: internal rate of return, TIO: Rate of opportunity, VPN: net present value is a detailed description of the system production, the determination of the technical aspects that have criticality in the operation and improvement of the technical proposals are subsequently analyzed from an economic perspective, the results of the investments proposed and finally was able to determine the benefit of the proposed technical improvements from the analysis of financial results, which demonstrates the utility of using

financial indicators for managerial decision making in this case applied technical proposal.

Key Word — Technical analysis economic, marble processing, financial indicators

I. INTRODUCCIÓN

Los procesos de reducción de tamaño son operaciones unitarias con enormes requerimientos energéticos que usualmente consumen la mayor proporción de la potencia necesaria para operar una planta típica de procesamiento de materiales sólidos. De aquí que sustanciales beneficios económicos y medioambientales pueden ser logrados operando bajo condiciones óptimas de proceso [1].

En Colombia existe una cantidad importante de industrias que procesan sólidos, tales como la industria alimenticia, textil, agrícola, minera, farmacéutica, construcción y de productos químicos (pigmentos, resinas, plásticos, pinturas, entre otros), para las que la reducción de tamaño es una etapa fundamental del proceso global [2].

Mármoles del Tolima es una empresa dedicada a la trituración del mármol, piedra mineral extraída del suelo, ubicada a 35 kilómetros de la ciudad de Ibagué departamento del Tolima tradicionalmente esta empresa a centrado sus esfuerzos en cumplir con las metas de producción a pesar de serios inconvenientes técnicos en el procesamiento de este mineral; las empresas de pequeño tamaño en este sector encuentran en el mantenimiento correctivo, un primer paso para la reducción significativa de sus costos de producción, ya que la maquinaria de estas empresas está sometida a una fuerte abrasión que es producida por los minerales involucrados en el proceso.

En el proceso de molienda las partículas se reducen de tamaño por una combinación de impacto y abrasión y su eficiencia depende del control que se ejerza sobre el tamaño del producto, evitando tanto la submolienda, que genera un producto grueso, como la sobremolienda que, además de ser innecesaria, ocasiona pérdidas importantes de energía. Estos aspectos están fuertemente influenciados por variables como la velocidad de giro del molino, el tiempo de residencia y la carga de los medios de molienda, siendo determinantes en la respuesta del proceso para un material específico [3]. Una óptima combinación de estos factores, genera condiciones adecuadas de tiempo y consumo energético que permiten alcanzar la granulometría deseada en el producto que, a su vez, y de acuerdo a sus propiedades fisicoquímicas y naturaleza mineralógica, determinan en gran medida la efectividad de etapas posteriores de separación y/o clasificación [4].

Todos estos procesos se encuentran en constante evolución y una de las formas más adecuadas de realizar control sobre la efectividad de los mismos es utilizando indicadores económicos que permitan determinar la factibilidad y el rendimiento que pueda generar a la empresa una mejora tecnológica.

Con el fin de realizar una evaluación detallada de estas mejoras tecnológicas Según diversos autores (Sapag, 1993; Sapag y Sapag, 1995; Nicholson, 1997; Sandoval, 1998; Fontaine, 1998), los principales criterios e indicadores para estimar la rentabilidad económica de un proyecto son los siguientes: Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Índice de Valor Actual Neto (IVAN), y Período de Recuperación de la Inversión (PRI) [5].

Valor actual neto (VAN)

Se determina a partir de la suma de los flujos de caja asociados al mismo (incluyendo el desembolso inicial y descontando el costo de la inversión) actualizados a una determinada tasa de descuento, k. Dicho de otra manera: “diferencia entre el valor actualizado de una serie de flujos de caja netos y la inversión inicial”. Su resultado nos proporciona una medida de “Rentabilidad Absoluta Neta” de un proyecto de inversión. Absoluta, en cuanto nos expresa el valor actualizado de la variación de la riqueza como consecuencia de la realización del proyecto de inversión. Por tanto, se expone en unidades monetarias y no en porcentaje. Neta, porque en su cálculo se tienen en consideración los flujos netos de caja (ingresos – egresos) asociados en cada período del tiempo a un proyecto de inversión, lo que supone para los inversionistas, accionistas y en general los empresarios contar con un método que les permite tomar las decisiones de inversión que maximicen su riqueza [6]. En el VAN como una función decreciente de la tasa de descuento tenemos que:

$$VAN = -A + \sum_{t=0}^n \frac{FNC}{(1+k)^t} \quad (1)$$

Entonces, si.

$$\frac{\partial VAN}{\partial k} < 0$$

→ VAN es decreciente respecto a k

$$\frac{\partial^2 VAN}{\partial k^2} > 0 \rightarrow VAN \text{ es convexa respecto a } k$$

(2)

El valor actual neto de un proyecto de inversión mide el incremento de riqueza que para el capital de la empresa se espera que produzca dicha inversión [7]. El método del valor presente neto proporciona un criterio de decisión preciso y sencillo: se deben realizar solo aquellos proyectos de inversión que posean un VPN igual o superior a cero

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión, expresa la “Rentabilidad Bruta” del mismo en términos relativos y por periodo; siendo una tasa de actualización o descuento que equipara el valor actual del flujo de egresos con el valor actual del flujo de ingresos, para así igualar a cero el VAN del proyecto de inversión. Es relativa, por cuanto se expresa en porcentaje. Bruta, pues para evaluar en base a ella la conveniencia de efectuar un proyecto de inversión se debe comparar con “La tasa de descuento” y obtener la “Rentabilidad Relativa Neta” del proyecto [6].

De ese modo,

$$\text{“Rentabilidad relativa neta”} = TIR - k = RN$$

Como criterio de aceptación se tiene que si la tasa de rendimiento del proyecto expresada por la TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

En la figura 1. se muestra el comportamiento entre VAN y TIR

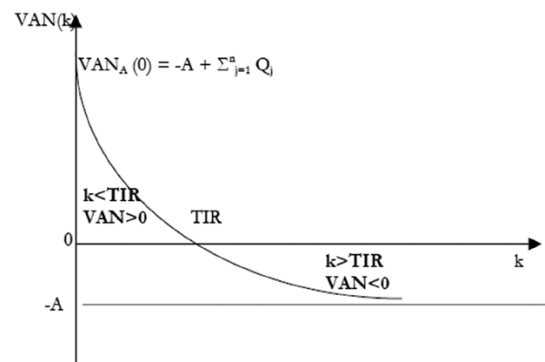


Figura 1. Comportamiento de los indicadores de inversión. Fuente [6]

$$\begin{aligned}
 \text{si } K = 0 &\rightarrow VAN = VAN_{\text{maximo}} = VAN = -A + \sum_{t=1}^n FCN \\
 \text{si } K = TIR &\rightarrow VAN = 0 \\
 \text{si } k \rightarrow \infty &\rightarrow VAN = VAN_{\text{minimo}} = -A
 \end{aligned}$$

(3)

Tasa de interés de oportunidad del inversionista (TIO).

Se refiere al mayor valor de riesgo que el inversionista está dispuesto a sacrificar en caso que un proyecto de inversión no rinda frutos. para calcular esta se debe conocer cuál es el monto de capital invertido que le permita al inversionista no perder su poder adquisitivo, generalmente se asume igual al índice inflacionario de manera general el riesgo se encuentra entre un 10% y 15%. Para el caso en estudio, se va a estimar una inflación de 5% como pronóstico crítico y un premio al riesgo intermedio del 12%

$$i = \text{índice inflacionario} + \text{premio al riesgo} = 15\%$$

II. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCION

El proceso de molinería de carbonato de calcio que caracteriza la empresa Mármoles del Tolima LTDA se describe como se indica a continuación:

1. a. Se extrae el mineral de la cantera: esta etapa puede ser ejecutada con carga manual o con el apoyo de maquinaria.
2. b. El mineral es transportado desde la cantera hasta la planta.
3. c. Recepción y almacenamiento: El mineral se deja cerca de una máquina trituradora con el propósito de realizar verificación y facilitar la alimentación esta se realiza de forma manual, es allí donde empieza el proceso molienda.



Figura 2. Alimentación manual en la etapa de trituración primaria.

d. La primera fase de trituración se hace por medio de una trituradora de mandíbula. Esta se compone de dos mandíbulas, una fija y una móvil, que son las que permiten la trituración

del mármol, también posee dos volantes que son los encargados de generar el movimiento. La mandíbula móvil está unida a un eje excéntrico, el cual esta soportado en dos chumaceras que alojan los dos rodamientos de cilindros.

e. La segunda fase de trituración la hace un molino de martillos, por medio del cual se logra una mayor disminución de la granulometría. El molino se compone de una serie de martillos alojados en su interior los cuales cumplen la función de triturar el mismo.

f. Elevación: por medio de un elevador de cangilones ubicado a la salida del molino de martillos, se traslada el material particulado hasta la zaranda vibratoria localizada en la parte superior de la planta.

g. Clasificación: Esta se realiza mediante una zaranda vibratoria la cual posee 4 mallas de calibre, 4(4mm), 6(3mm), 12(2mm), y 20(1mm) respectivamente, esta se compone de un cajón principal, el cual aloja los tamices soportados por cuatro resortes y su movimiento es transmitido por dos levas colocadas en el eje.



Figura 3. Zaranda vibratoria

h. La tercera fase de la trituración: Esta etapa es necesaria debido a que en el proceso de trituración no es eficiente y está arrojando material de gran tamaño que no puede ser clasificado por la zaranda, este es transportado por una canal hasta el molino de martillos nuevamente donde se repite el proceso.

i. Recolección de polvos: Utilizando un extractor el cual envía el material succionado hasta un ciclón, que se encarga de transportarlo hasta un sistema de filtro de mangas, este proceso ayuda a la disminución de la contaminación y la recolección del polvillo de carbonato de calcio, el cual es bien valorado.

j. Empacado: Luego de haber terminado el proceso de clasificación, por gravedad los diferentes tamaños son depositados en una tolva que se encuentra separada según la granulometría a ser empacada en bultos de 50 kg.



Figura 4. Tolva de empacado

k. Distribución comercial: Se realiza en tracto vehículos a los diferentes destinos que están enmarcadas dentro de las rutas normales de pedido, o rutas adicionales a clientes ocasionales.

III. EVALUACION TECNICA Y ANALISIS DE CADA UNA DE LAS ETAPAS

IV.

A. Etapa de molienda

Producto del análisis funcional previamente realizado a la empresa, se identifica que una de las fallas relevantes del sistema de molienda sucede en los elementos desintegradores del molino de martillos, ya que el desgaste sufrido es muy severo, debido al permanente contacto (Metal – Abrasivo) lo que hace que los martillos se acorten por el desgaste y de esta manera disminuyen su tamaño lo que ocasiona que el área de contacto entre el material a fraccionar (Mármol) y la herramienta de trabajo (Martillo) se amplíe ocasionando una sobrecarga en la cámara, que genera atascamiento de la máquina. Se conoce también que los martillos laterales sufren un desgaste mayor que aquellos que trabajan en el centro, debido esto principalmente al mayor rozamiento presente entre las áreas laterales del martillo y las placas anti desgaste del bastidor y al atascamiento que tiende a presentar la roca en estas cavidades [8,9].

1. Trituradora de Mandibulas

La trituradora no esta realizando correctamente su trabajo debido a que la mandibula movil no esta llegando a fondo como lo requiere el proceso, esto se debe a que una pieza de seguridad que se reemplazo quedo con una dimensión menor con la que cuenta la trituradora, debido a esto la mordida de las mandibulas hacen que el tamaño de la piedra sea mayor en la entrada del molino de martillos que sufre atascamientos por este motivo.

2. Molino de Martillos

El desgaste de los martillos es muy evidente, y los martillos laterales que van sobre el eje tienen una distancia muy grande a las paredes de la carcasa esto hace que se alojen las piedras

mal trituradas del proceso anterior incurriendo también en atascamientos.

B. Etapa de transporte

Es necesario verificar las condiciones operativas de los componentes del sistema.

1. Capacidad del Transportador

Para evaluar la capacidad de transporte del elevador de cangilones [10], se utiliza la ecuación (4).

$$Q = 3,60 * \varphi * L * G * V / D \text{ [Tn/h]}. \quad (4)$$

Dónde:

φ – Es el coeficiente de llenado de cada cangilón que varía entre 0,65 y 0,75 – dependerá del material que se eleva, la forma del cangilón, la velocidad de la banda.

L – Es el volumen útil del cangilón (expresado en dm^3 , o litro).

G – Peso específico del material (expresado en Kg/ dm^3)

V – Velocidad de la banda (expresada en m/s)

D – Separación entre cangilones (m)

Esto da como resultado una capacidad

$$Q = 11,3 \text{ [Tn/h]}$$

A continuación se procede a calcular la potencia demandada del elevador [11], utilizando la ecuación (5)

$$N = V * [K_m * H_m + (K_m * H_m + K_t * H_t) * \mu] / (75 * \eta) \quad (5)$$

Donde:

V – velocidad de la banda (expresada en m/s)

K_m – Peso del material contenido en el transportador (kg/m)

H_m – Altura de transporte del material (m)

K_t – Peso del transportador – banda y cangilones (kg/m)

H_t – Altura del transportador (m).

μ - Coeficiente de rozamiento (0,05).

η - rendimiento

Teniendo en cuenta que $75 \text{ kgm/s} = 1 \text{ HP}$, la potencia obtenida expresada en HP es.

$$N = 1.1312 \text{ HP}$$

Al verificar la potencia requerida por el sistema del elevador de cangilones, se constata que el sistema consta con un motor de 2hp.

C. Etapa de clasificación

Para accionar la zaranda vibratoria, el motor utiliza toda su potencia nominal. La potencia que se entrega en el eje por este motor trifásico en la zaranda [12], se calcula utilizando la ecuación (6).

$$P_u = \frac{\eta_{mot} \times 1,73 \times P_{act}}{100}$$

$$= \frac{76 \times 1,73 \times V \times I \times \cos \phi}{100} = 208,85 \text{ Watic} \quad (6)$$

Es decir aproximadamente unos 2,7 H.P. indicando que el motor está utilizando aproximadamente el 100% de la potencia nominal. Esto genera entre otras consecuencias una mayor intensidad de corriente en el momento de arranque, por lo cual se necesitan fusibles de mayor lo cual provoca que el rendimiento disminuya.

El número de bandas recomendado para la adecuada transmisión de potencia [13], esta dado por la ecuación (7).

$$N = \frac{H.P._{pr}}{H_{nom} \times k_1 \times k_2} = \frac{3,5}{1,4 \times 0,99 \times 0,95} = 2,7 \quad (7)$$

Donde N es el número de bandas en V necesarias para la transmisión de la potencia, Hnom es la potencia nominal de cada banda que se coloca en el montaje, k1 es un factor de corrección por el ángulo de abrazo y k2 es otro factor de corrección por la longitud de paso de la banda. Debido a sobrecargas que el sistema puede tener, en este caso, se necesitan 3 bandas en V para realizar adecuadamente la transmisión de potencia. En la actualidad solo se utilizan dos bandas, adicionalmente se observa la presencia de una desalineación de las bandas, causada por la diferencia de grosor de las poleas. Este problema disminuye la eficiencia de transmisión de potencia y disminuye la vida útil de las correas.

IV. ANALISIS ECONOMICO

Para realizar este analisis es necesario realizar las cotizaciones de los motores electricos y molino de martillos optimos para el proceso y seleccionar la mejor opcion en cuanto a calidad y precio, se calcularan las perdidas y potencia electrica de motores que trabajan en cada una de las etapas molienda, trasporte, clasificacion con una eficiencia del 96% y a una carga del 75% con el fin de comparar con los motores existentes; los motores de 2 y 2,5 hp que se encuentran en la empresa son reemplazados debido a que estos se encuentran trabajando sobre el limite [9].

Comparativos entre motores nuevos y los existentes

| Motor del molino de martillo | Motor estándar | Motor de alta Eficiencia |
|------------------------------|----------------|--------------------------|
| Eficiencia | 75% | 96% |
| Potencia de salida | 8,4 KW | 8,736 KW |
| Potencia de entrada | 11,19 KW | 8,740 KW |
| Pérdida a una carga del 100% | 2,79 KW | 0,00349KW |
| Ahorros de energía | | 2,786 KW |

| | | |
|--|--|----------------------|
| Costo mayor del motor | | \$1,899,647 |
| Ahorro de energía a una carga Del 100% | | 7689,368 KWH por año |
| Ahorro en pesos colombianos a \$352,4109 por kWh(*) Recuperación | | \$2,709,814 por año |
| Tiempo en recuperar la inversión | | 9 meses |

Tabla 1. Motor del molino de martillo

| Motor de la zaranda | Motor estándar | Motor de alta Eficiencia |
|--|----------------|--------------------------|
| Eficiencia | 75% | 96% |
| Potencia de salida | 1,4 KW | 1,739 KW |
| Potencia de entrada | 1,86 KW | 1,740 KW |
| Pérdida a una carga del 100% | 0,46 KW | 0,000698 KW |
| Ahorros de energía | | 0,4593 KW |
| Costo mayor del motor | | \$670,511 |
| Ahorro de energía a una carga Del 100% | | 1267,66 KWH por año |
| Ahorro en pesos colombianos a \$352,4109 por kWh(*) Recuperación | | \$446,730 por año |
| Tiempo en recuperar la inversión | | 19 meses |

Tabla 2. Motor de la zaranda

| Motor del elevador de cangilones | Motor estándar | Motor de alta Eficiencia |
|--|----------------|--------------------------|
| Eficiencia | 75% | 96% |
| Potencia de salida | 1,12 KW | 1,739 KW |
| Potencia de entrada | 1,49 KW | 1,740 KW |
| Pérdida a una carga del 100% | 0,37 KW | 0,000698 KW |
| Ahorros de energía | | 0,3693 KW |
| Costo mayor del motor | | \$670,511 |
| Ahorro de energía a una carga Del 100% | | 815,414 KWH por año |
| Ahorro en pesos colombianos a \$352,4109 por kWh(*) Recuperación | | \$359,201 por año |
| Tiempo en recuperar la inversión | | 23 meses |

Tabla 3. Motor del elevador de cangilones

| Motor del ciclón | Motor estándar | Motor de alta Eficiencia |
|--|----------------|--------------------------|
| Eficiencia | 75% | 96% |
| Potencia de salida | 1,4 KW | 1,739 KW |
| Potencia de entrada | 1,86 KW | 1,740 KW |
| Pérdida a una carga del 100% | 0,46 KW | 0,000698 KW |
| Ahorros de energía | | 0,4593 KW |
| Costo mayor del motor | | \$670,511 |
| Ahorro de energía a una carga Del 100% | | 1267,664 KWH por año |
| Ahorro en pesos colombianos a \$352,4109 por kWh(*) Recuperación | | \$446,739 por año |
| Tiempo en recuperar la inversión | | 18 meses |

Tabla 4. Motor del ciclón

El costo total de la inversión en los motores nuevos es de \$8,061,132 y el ahorro en pesos de Kw de energía al año generado por los motores nuevos es de \$9,760,475, así que la inversión total de los motores se recuperaría en 10 meses con la disminución del recibo de energía.

Otros aspectos técnicos tenidos en consideración son.

- El costo de la fabricación correcta de la pieza averiada en el molino de mandíbulas es de \$600000.

- Respecto a las alternativas de solución a la problemática presentada con el molino de martillos se tienen dos opciones, la primera es la compra del molino de martillos que tiene un costo de \$25,288,000 sin motor, y la segunda es la incorporación de todos los elementos nuevos, martillos anti desgaste, acoples, eje, etc. en fin dejar el molino 100% funcional conservando la carcasa que se encuentra en buen estado esto tendría un costo de \$12,760,000.

En ambos casos y con la instalación de la pieza de la trituradora y un motor de alta eficiencia se podrá trabajar a 13 ton/h con un tamaño adecuado de piedra.

De igual forma el elevador de cangilones adaptado a un motor de alta eficiencia podrá trabajar a 13ton/h.

La zaranda vibratoria con sus respectivas mayas bien limpias, sus resortes nuevos para la seguridad de los trabajadores y un motor de alta eficiencia podrá trabajar a 13 ton/h.

| Energía ahorrada | Costo Energía | Ahorro Anual |
|------------------|---------------|--------------|
| 27639,29 kw/año | \$352,41 kwh | \$9,769,475 |

Tabla 5. Ahorro en consumo de energía eléctrica

Por concepto de reparación en el molino de martillos actualmente los gastos generados son.

| Pago de soldador | Compra de Electroodos | Gasto Anual |
|------------------|-----------------------|--------------|
| \$500,000 | \$634,880 | \$13,618,000 |

Tabla 6. Costos en reparación por soldadura

Al realizarse la inversión se prescindirá de los servicios del soldador y de la compra de los electroodos el ahorro anual generado seria la suma del valor de los kw anuales y los gastos por soldadura dando una cifra de \$23,379,035 anuales y por mes \$1,948,253.

De manera general las inversiones totales para cada una de las alternativas planteadas son

| | Inversión 1 | Inversión 2 |
|--------------|-------------|--------------|
| Recuperación | 17,5 meses | \$34,149,132 |
| Costo Total | 9,5 meses | \$18,396,677 |

Tabla 7. Valuación de las inversiones

La empresa genera ventas mensuales de \$55,000,000.00 de estas ventas mensuales y los costos totales de la empresa se determinara el flujo de caja neto por mes, que corresponde a la diferencia entre los costos totales y las ventas mensuales la opción seleccionada se hará teniendo en cuenta las siguientes indicadores financieros, TIO; VAN, TIR.

| Indicadores | Inversión 1 | Inversión 2 |
|-------------|-------------|--------------|
| TIO | 15% | 15% |
| TIR | 23% | 53% |
| VAN | \$33252907 | \$49719789,9 |

Tabla8. Comparación entre los indicadores de cada inversión

Del análisis de estos indicadores se selecciona la mejor opción que tendría la empresa al momento de invertir; el primer paso es verificar que la TIR sea mayor que el TIO esto indica que la inversión es buena y es aconsejable realizarla, como se tienen dos inversiones se seleccionara la que tenga el TIR mas grande y en nuestro caso es la inversión dos.

El segundo paso es verificar que el VPN no sea negativo o igual a cero esto se hace independientemente del valor del TIR, si el VPN es mayor a cero la inversión es buena, y la inversión con el VPN mayor es la más aconsejable, en este caso la inversión 2 es la mayor.

Del análisis de los indicadores se observa que la inversión dos, es la mejor opción, ya que genera un ahorro del 55% respecto a la inversión uno.

CONCLUSIONES

El molino de martillo reparado o comprado tendrá una durabilidad por encima de las 4224 horas de trabajo. Y se tendrá un ahorro de \$500,000 del soldador, \$150,000 de ahorro de energía por la no utilización del equipo de soldadura, y \$634,880 por la no compra de los electrodos.

La empresa está procesando aproximadamente 1000ton/mes de carbonato de calcio, solamente se está comercializando la mitad, este sobre procesamiento se da por la falla constante del molino de martillos, así que no se pueden arriesgar a no cumplir con los envíos. Con el régimen de trabajo de las maquinas posterior a la inversión recomendada; se podrán procesar 130 ton/día por lo tanto las 500 ton de envío mensual se lograrán en 4 días y las 1000 ton que se procesan en el mes se producirán en 8 días.

La selección de la mejor oportunidad de inversión para la empresa, se encuentra asociada al grado de consecución de recursos y capacidad técnica instalada, los indicadores financieros son una herramienta importante que estima la rentabilidad esperada sea suficiente para cubrir el total de los recursos invertidos.

AGRADECIMIENTOS

A la oficina de investigaciones de la Universidad de Ibagué y de la Universidad Cooperativa de Colombia, a las directivas de la Empresa Mármol del Tolima Ltda, Payandé Tolima. Por permitir el acceso a las instalaciones, y al Ingeniero Cesar Ortiz por su valioso aporte al desarrollo de esta investigación

REFERENCIAS

- [1]. A. Osorio, J. Marin, G. Restrepo, "Diseño y Evaluación Energética de dos Circuitos de Molienda y Clasificación para un Clinker de Cemento a Escala Piloto, ". Información Tecnológica. [online]. 2013, vol.24, n.2
- [2]. A. Osorio, G. Restrepo, J. Marin. "Molienda de clinker de cemento: evaluación de la influencia de la velocidad de giro del molino, el tiempo de residencia y la carga de los medios de molienda". Dyna rev.fac.nac.minas [online]. 2009, vol.76, n.158, pp. 69-77
- [3]. H. Benzer, et al, "Modelling cement grinding circuits. Minerals Engineering", Vol 14, No 11 (2001)1469-1482.
- [4]. J. Sepúlveda, Seminario Diseño y optimización de circuitos de molienda/clasificación, Moly-Cop Chile S.A., 1999.
- [5]. A. Lobos, G. Soto, R. Zenteno, N. Prizant. "Análisis de eficiencia y rentabilidad económica en dos lecherías de la región del maule", Chile. *Agricultura Técnica*. 2001, vol.61, n.3, pp. 367-378
- [6]. G. Leon, "Análisis comparativo de los métodos tradicionales de valoración aplicado a la simulación de

un proyecto de inversión", *Dimensión Empresarial*, Vol. 10 No. 1, Enero - Junio de 2012, págs. 16-21

- [7]. J. Montllor, "Generación de renta, selección de inversiones y objetivos empresariales", *Revista Española de Financiación y Contabilidad*, Vol. XVII, n. 53, 1987, pp. 391-414
- [8]. O. J. Araque, J. M. Olaya, " Caracterización del sistema de molienda en el proceso de producción de carbonato de calcio," *Scientia et Technica*, Año XVII, No 47, pp. 28-33, Dic. 2010.
- [9]. E. Perez, F. Sanchez, "verificación del tribosistema, una herramienta para la identificación y análisis de fallas", *Scientia et Technica*, Año XV, No 43, Diciembre de 2009
- [10]. http://www.procobre.org/procobre/aplicaciones_del_cobre/energia_sustentable_1.html
- [11]. http://www.angelfire.com/sk3/todoarchivos0/archivos/Eficiencia_en_Motores_electricos.pdf
- [12]. R. Norton, *Diseño de máquinas*. México: Prentice-Hall, 1999
- [13]. J. Shigley, *Diseño en ingeniería mecánica*. México: Mc-Graw Hill 1990, pág. 449, 451, 755, 761, 762- 762, 825, 86