

MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA COMPAÑÍA MAMUT ANDINO S.A. EN EL AREA DE EXPLOTACION DE CALIZA

Freddy Germán Guevara de la Vera¹, Ignacio Wiesner Falcon²

²Ingeniero Mecánico; Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971, Postgrado México, UNAM - Politécnico de México, Investigador Visitante del CENIM – España y el IPT – Brasil, Profesor de ESPOL desde 1975 Campus Politécnico Prosperina Km. 30.5 Vía Perimetral-Guayaquil, Ecuador, intramet@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar la productividad de la compañía Mamut Andino S.A., en la explotación minera de cielo abierto, la misma que es contratada por la compañía LA CEMENTO NACIONAL S.A., para que explote y transporte materia prima (caliza) desde sus canteras hasta una trituradora. La caliza, es la materia prima utilizada para la elaboración de cemento Pórtland.

Mamut Andino debe producir entre 1.200.000,00 y 1.500.000,00 toneladas de caliza por año, haciéndolo de la siguiente forma: Primero, trituran el material virgen con voladura usando explosivos, luego cargan y acarrear el material hacia la trituradora, para lo cual utilizan Cargadoras de Ruedas y Camiones de Obra.

A pesar de que siempre cumplían con la producción anual, su productividad era baja dado a sus elevados costos de operación, debido a los siguientes problemas en los equipos de carga y acarreo: Accidentes, daños frecuentes, altos costos de reparación, paralizaciones de las máquinas por largos periodos de tiempo. Por otro lado, cuando los equipos estaban en condiciones óptimas de operación, era difícil cumplir con la producción diaria debido a los largos tiempos de carga y acarreo de las máquinas.

ABSTRACT

This project has as objective to improve the productivity of the Company called Mamut Andino S.A. in the limestone exploitation area, by decreasing the operation costs and with the optimization of the production times of the load and carrying equipments. At the beginning of the process of limestone exploitation, the material is crushed in its natural state by using explosives, next it is loaded and transported toward a crusher by using Wheels Loaders and Off Highway Trucks. In the past the productivity was low due to the high operations costs of the load and carrying equipments, also due to the long times of production cycles.

INTRODUCCION

El presente trabajo trata sobre el mejoramiento de la productividad en la explotación de caliza en la compañía Mamut Andino S.A., considerando el proceso de explotación desde que el material ya esta triturado por voladura, hasta cuando es depositado en una trituradora.

La meta fue disminuir el costo por tonelada métrica explotada desde \$ 1.41 hasta valores que podían alcanzar costos de \$ 0.99, consiguiéndose un valor aproximado de \$ 1.37 por tonelada, es decir se trató de obtener la máxima producción, al costo más bajo posible,

mediante la optimización de procedimientos y recursos disponibles por la compañía, sin tener que incurrir en inversiones que representen costos elevados y tiempo.

Para alcanzar este objetivo, se realizaron análisis y evaluaciones de todo el proceso involucrado en la explotación, como son: el material ya triturado por voladura, los equipos de carga y acarreo, equipos de apoyo, sitios de carga, caminos de acarreo, operadores de los equipos, y procedimientos de mantenimiento y reparación de los equipos.

En el desarrollo del proyecto se pudo comprobar que los factores que afectaban adversamente a la producción y a la productividad, son principalmente las condiciones de los caminos de acarreo, y la operación deficiente de los equipos por parte de los operadores. Otros factores menos influyentes y que se comprobó que necesitan ser mejorados, fueron los procesos de mantenimiento y reparación de los equipos.

El trabajo fue desarrollado en las canteras de caliza de la compañía “La Cemento Nacional S.A.”, quien contrata a la compañía Mamut Andino S.A. para la explotación del material.

El objetivo de esta tesis, es mejorar la productividad por medio de la disminución de los costos de operación y la optimización de los tiempos de producción en los equipos de carga y acarreo, objetivo que fue cumplido y se pone a consideración como material para la obtención de mi graduación como Ingeniero Mecánico.

DEFINICION DEL PROBLEMA

Proceso de explotación de caliza

La compañía Mamut Andino S.A. está dedicada básicamente al transporte de cargas pesadas y la explotación de minas y canteras. Uno de sus principales clientes es La Cemento Nacional S.A., la cual la ha contratado para que explote piedra caliza de sus canteras y la transporte hacia una trituradora.

En el proceso de explotación de caliza por Mamut Andino S.A., el primer paso es fragmentar y apilar el material que se encuentra en su estado natural en las canteras utilizando voladura, luego se utilizan cargadoras de ruedas y camiones de obras respectivamente para cargar y transportar la caliza hacia la trituradora a través de caminos preparados (figura 1.2 y 1.3). Por último, después de que la caliza pasa por la trituradora es almacenada y/o transportada por bandas hacia la fábrica de cemento.

Esta tesis esta orientada en el aumento de la productividad en la explotación de caliza, en base a los procesos de carga y acarreo hacia la trituradora después de la voladura.



FIGURA 1.2 CARGA Y ACARREO DE LA CALIZA HACIA LA TRITURADORA



FIGURA 1.3 DESCARGA DE LA CALIZA EN LA TRITURADORA

Material explotado y triturado

La producción de caliza requerida en la trituradora fluctúa entre 2.000.000,00 y 2.200.00,00 toneladas métricas por año.

La densidad en banco del material virgen es de $2.400 \text{ Kg} / \text{m}^3$, luego de ser triturado por medio de voladura alcanza densidad de $1.650 \text{ Kg} / \text{m}^3$, denominado densidad del material suelto.

La fragmentación obtenida en la trituración por voladura, consigue un tamaño promedio de la roca entre 30 y 40 mm (ver figura 1.5)



FIGURA 1.5 FRAGMENTACIÓN DE LA CALIZA DESPUÉS DE LA VOLADURA

Equipos existentes y estadísticas de fallas

Descripción de los Equipos Existentes

Equipos de carga.- Se dispone de dos cargadoras de ruedas marca Caterpillar con cucharones de 10,7 y 9,94 m³

Equipos de acarreo.- Se dispone de seis camiones de obras marca de 50 Mton aproximadamente.

Equipos de apoyo.- Los equipos de apoyo utilizados son:

- Tractor de cadenas, marca Caterpillar, modelo D10N.
- Motoniveladora, marca Caterpillar, modelo 140G.
- Camión cisterna, marca Mack.
- Compactador de suelo de tambor liso vibratorio, marca Ingersoll Rand

Los equipos de carga y acarreo están divididos en dos flotas, debido a la existencia de dos frentes de trabajo. La primera flota está compuesta de una cargadora 992D, dos camiones 775B y un camión 775D para el frente de trabajo denominado "A". La segunda flota está compuesta de una cargadora 992C y tres camiones 773B para el frente de trabajo denominado "B". Los equipos de apoyo se utilizan para los dos frentes.

ESTADISTICAS DE FALLAS DE LOS EQUIPOS EXISTENTES

- a) Desgaste acelerado en la banda de rodadura de los neumáticos delanteros de las cargadoras. Se registraron 4 neumáticos cada 3.000 horas de trabajo (cada 18 meses).
- b) Cortes y pinchazos en los neumáticos de los camiones de obra, localizados en la banda de rodadura y en los flancos de los mismos. Se registraron 3 averías en la flota cada 160 horas de trabajo (cada mes).
- c) Roturas en los extremos de las herramientas de corte de las cargadoras de ruedas. Se registraron un promedio de dos esquineros rotos cada 2.000 horas (cada 12 meses).
- d) Desgaste acelerado de las planchas inferiores y laterales del cucharón de las cargadoras de ruedas. Este desgaste se presentaba a las 5.000 horas de trabajo (a los dos años y medio).

Descripción de los sitios de carga y caminos de acarreo.

El análisis se lo hizo en los dos frentes de trabajo existentes en la fecha, es decir, dos sitios de carga y dos rutas de acarreo.

Sitios de carga.- Estos sitios se encontraron en las siguientes condiciones (figura 1.15):

- El piso donde maniobran los camiones y son cargados está nivelado, con buen drenaje y mínima rugosidad del piso.
- Excelente limpieza del área de carga.
- Buen control de la pendiente.



FIGURA 1.15 SITIOS DE CARGA

Caminos de acarreo.- Estos caminos se encontraron en las siguientes condiciones (figura 1.16):

- Caminos suaves y limpios.
- No hay presencia de huecos.
- Buen drenaje de aguas lluvias.
- Vías entre 3 y 3,5 el ancho del camión.
- Pendientes menores al 10%.
- Excesivo polvo.
- Resistencia a la rodadura del 5%.



FIGURA 1.16 CAMINOS DE ACARREO

Diagnóstico del personal de operación de los equipos.

El diagnóstico fue teórico – práctico. La evaluación práctica, fue realizada en el sitio de trabajo (canteras) donde operaban las máquinas. Las evaluaciones fueron calificadas sobre 100 puntos. Para que un operador pase la prueba, debió obtener por lo menos 80 de los 100 puntos.

La tabla 2 muestra los promedios totales de las evaluaciones teóricas y prácticas, calificadas sobre 100 puntos.

TABLA 2
RESULTADO DE EVALUACIONES TEORICAS-PRACTICAS INICIALES

	Evaluaciones prácticas			Promedio evaluaciones teóricas	PUNTAJE TOTAL
	# 1	# 2	# 3		
Operador # 1	8,0	9,0	44,0	2,5	63,5
Operador # 2	8,0	9,0	35,0	1,9	53,9
Operador # 3	8,0	8,0	37,0	2,1	55,1
Operador # 4	9,0	9,0	50,0	3,1	71,1
Promedio	8,3	8,8	41,5	2,4	60,9

Análisis de las evaluaciones prácticas

Gran parte de las evaluaciones prácticas consistió en observar el trabajo normal diario, sin que el operador sepa que está siendo evaluado. Las evaluaciones prácticas consistieron en los siguientes temas:

- Seguridad antes y durante la operación
- Inspecciones diarias de mantenimiento
- Uso apropiado de los controles de las máquinas
- Procedimientos de arranque y parada
- Observación de las técnicas de operación
- Medición de los tiempos de ciclo de trabajo

La medición de los tiempos de ciclos de trabajo se la utilizó para calcular la producción inicial. Los resultados obtenidos fueron tiempos de ciclo promedio de 0,70 min, llegando en muchas ocasiones a tener tiempos de ciclo entre 0,70 a 0,80 min. Estos valores estaban fuera de los estándares del fabricante.

Análisis de las evaluaciones en grupo de los operadores

Consistió en exámenes escritos con respuestas alternativas. Las evaluaciones consistieron en los siguientes temas:

- Uso de las guías de operación y mantenimiento de los equipos
- Conocimiento de los sistemas y componentes principales de los equipos y sus puntos de mantenimiento.
- Sistemas de monitoreo y medición
- Entendimiento de las técnicas correctas de operación, para aumentar la eficiencia de las máquinas

Con el análisis de las evaluaciones teóricas-prácticas, se pudo comprobar que la falta de preparación de los operadores, era en parte causante directa de la baja productividad, por lo cual era evidente la necesidad inmediata de capacitarlos.

Productividad inicial

En el método utilizado para calcular la productividad, se proyectó la producción y los costos a través del tiempo, este método es muy eficaz y rápido, permite tener una muestra de la productividad en un determinado momento. A continuación se muestra el procedimiento utilizado para calcular la producción y la productividad inicial.

Medición de los tiempos de ciclo de trabajo y factor de llenado

La medición del tiempo promedio en los dos frentes, para cargar el camión fue de 3,59 min en 4 pasadas del cucharón, los resultados de estas mediciones y cálculos se muestran en la tabla 5.

TABLA 5
CALCULO DEL CICLO DE TRABAJO PROMEDIO DE LAS CARGADORAS DE RUEDAS - CONDICIONES INICIALES

	FRENTE A	FRENTE B	PROMEDIO
Promedio tiempo de ciclo de cargadora (min)	0,70	0,69	0,70
Tiempo para llenar el camión			
Promedio tiempo de carga (min)	2,23	2,18	2,20
Promedio tiempo de intercambio (min)	1,34	1,44	1,39
Tiempo total para llenar el camión (min)	3,57	3,62	3,59

Los tiempos de ciclo de trabajo iniciales de los camiones, que también fueron medidos en la sección 1.5, fueron de 12,66 min y 12,43 min en el frente A y B respectivamente.

Se pesó la carga de los camiones, y se comprobó que en las cuatro pasadas de las cargadoras para llenar el camión, el factor de llenado inicial fue de 85% (3 pasadas completas y la cuarta a la mitad del cucharón).

Cálculo de los costos por hora de posesión y operación

La suma total de los costos de posesión y operación de los equipos era de 1.680,48 \$ /hr.

Cálculo de la producción por hora, producción anual y productividad

La tabla 7 muestra el cálculo de la producción en los dos frentes. Con los tiempos de ciclo y el factor de llenado calculamos una producción de **1.158,54 Mtons /hr.**

Los costos totales de producción anual mostrados en la tabla 8, fueron de \$ **3.102.538,11.** Dividiendo la producción anual, que es de **2.200.000,00 Mtons**, entre el costo de producción anual tenemos una productividad de **0,709 Mtons/\$.**

TABLA 7
CALCULOS DE PRODUCCION - CONDICIONES INICIALES

	FRENTE A	FRENTE B	
DATOS			
a. Disponibilidad de la flota	89,93%	88,27%	
b. Eficiencia del trabajo	90,32%	88,50%	
c. Capacidad colmada del cucharón (m³/s)	10,70	9,94	
d. Factor de llenado del cucharón (%)	85,00	85,00	
e. Densidad del material suelto (Mton / m³s)	1,65	1,65	
f. Numero de pasadas para cargar el camión	3,5	3,5	
g. Tiempo de carga de camiones (min)	3,59	3,59	
h. Tiempo de ciclo del camión (min)	12,66	12,43	
i. Número de camiones de la flota	3,00	3,00	
CALCULOS			
CARGADORA DE RUEDAS			
j. Carga útil del cucharón (Mtons)	15,01	13,94	(c x d x e)
k. Carga del camión por ciclo (Mtons)	52,52	48,79	(f x j)
l. Número de camiones cargados por hora	16,71	16,71	(60 / g)
m. Producción de la cargadora al 100% eficiencia (Mtons/hr)	877,83	815,48	(k x l)
n. Producción real de la cargadora (Mtons/hr)	713,02	637,05	(m x a x b)
FLOTA DE CAMIONES			
o. Ciclos por hora de un camión	4,74	4,83	(60 / h)
p. Producción de un camión por hora (Mtons/hr)	248,93	235,53	(k x o)
q. Producción de tres camiones por hora (Mtons/hr)	746,78	706,58	(p x i)
r. Producción real de tres camiones (Mtons/hr)	606,57	551,97	(q x a x b)

TABLAS
CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD - CONDICIONIAL

	FRENIEA	FRENIEB	Máquinas de apoyo				TOTAL
			Tractor	Motorivel	Camión sistema	Rodillo	
Producción por hora (Mons/hr)	606,57	551,97	0,00	0,00	0,00	0,00	1.158,54
Producción requerida por año (Mons)	1.200.000	1.000.000	0,00	0,00	0,00	0,00	2.200.000,00
Tiempo de trabajo necesarias de la flota (hrs)	1,976	1,812	2,000	1,000	1,500	1,300	—
Costo total por hora de la flota (\$ / hr)	698,80	630,66	240,92	62,50	41,00	46,60	1.680,48
Costo de producción total por año (\$)	1.303.325	1.142.563	481.840	62.500	61.500	51.280	3.102.988,44
Productividad (Mons/\$)	0,921	0,875					0,709

IMPLEMENTACION DEL PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

Evaluación del material triturado

El material es roca bien triturada, tiene un potencial de conseguir factores de llenado del cucharón de las máquinas de carga entre 80 y 95%, esto significa que es un material fácil de cargar, por las cargadoras de ruedas del tamaño que utiliza la compañía.

Implementación de las reparaciones a los equipos

La compañía Mamut Andino esta equipada con talleres para reparación y mantenimiento de sus equipos (ver figura 2.1), además cuentan con un camión lubricador para el mantenimiento en el sitio de trabajo, cuando sea necesario (ver figura 2.2).



FIGURA 2.1 TALLER MECÁNICO PARA REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO



FIGURA 2.2 CAMIÓN LUBRICADOR

La mayoría de los daños en las máquinas, eran debidamente reparados por los mecánicos de la compañía, como también las reparaciones de los componentes del tren de fuerza. Pero a pesar de ello, algunas reparaciones o cambios, no las hacían a tiempo por considerarlas innecesarias ó por desconocimiento de las consecuencias.

Se realizaron trabajos de reparaciones y se dieron algunas recomendaciones.

Trabajos de reparación implementados

1. Creación e Implantación de una hoja de inspección diaria para las cargadoras de ruedas.
2. Reparación inmediata de los acumuladores de nitrógeno con que trabajan los frenos de servicio de una de las cargadoras de ruedas.
3. Cambio de las herramientas de corte excesivamente desgastadas.
4. Soldar planchas de desgaste inferior al cucharón de las cargadoras.

Recomendaciones dadas

1. Evaluaciones periódicas (tres anuales) de los equipos, para controlar el desgaste de los componentes del tren de fuerza.
2. Implementación de un programa de control de contaminación en el taller de reparaciones, ya que existe una enorme presencia de polvo en el área debido a la cercanía a la trituradora (ver figuras 2.4).



FIGURA 2.4 CONTAMINACIÓN EN EL TALLER DE REPARACIONES

Este control recomendado requiere, además de la limpieza de las instalaciones, la utilización de:

- Tapones, cubiertas, etc., en todos los orificios abiertos.
- Paños en el piso para limpieza de derrames de fluidos.
- Componentes cubiertos con envoltura plástica o de ajuste por contracción.
- Recipientes de basura para papel, madera y metal.

- Bancos de trabajo cubiertos con superficies protectoras.
- Recipientes de lubricantes o grasa, limpios y cerrados.

Implementación de las mejoras de los sitios de carga y acarreo

Mejoras de los sitios de carga

Los sitios de carga, tal como se lo analizó en la sección 1.4 no tienen ninguna recomendación, ya que los operadores lo mantienen en buen estado.

Mejoras de los caminos de acarreo

La mejora implantada, fue el mejoramiento de las vías de acarreo, para así mejorar el desempeño de los camiones especialmente en pendientes. La recomendación fue el uso de dos motoniveladoras marca Caterpillar, modelo 140G, para proveer mantenimiento a las vías de acarreo.

La flota ya contaba con una motoniveladora de esta marca y modelo, pero solamente la utilizaban 1.000 horas por año (medio tiempo), por lo cual se implemento el aumento a 2.000 horas anuales de uso de este equipo. Quedó pendiente la compra de otra motoniveladora.

Programa de capacitación del personal

Debido a que la preparación de los operadores en la operación de máquinas había sido empírica, es decir sin un entrenamiento previo del fabricante o una persona calificada, la capacitación fue teórica y práctica, fue importante comunicar detalladamente a los operadores, los objetivos que se querían alcanzar al finalizar el entrenamiento.

Instalaciones y áreas de prueba para evaluación proceso enseñanza – aprendizaje.

Todo el entrenamiento se lo realizó en las instalaciones y con los equipos de carga y acarreo de la compañía Mamut Andino S.A. Para las clases y evaluaciones teóricas, se utilizó un salón de clases debidamente equipado y acondicionado para el confort de los participantes. Para el aprendizaje sobre conocimiento de los componentes, puntos de mantenimiento y controles de las máquinas, se trasladaron las máquinas al taller de reparaciones. Las prácticas y pruebas de operación se las realizaron en el sitio de trabajo de las máquinas, es decir en las canteras.

Evaluación teórica – práctica del personal

El contenido del curso se dividió en secciones y al término de cada sección se tomó un examen ya sea escrito o práctico. Las evaluaciones y la calificación de los operadores durante el entrenamiento, fueron las mismas que se

utilizaron en la evaluación del diagnóstico inicial (tratadas en el capítulo 1.5), es decir teóricas – prácticas.

Evaluaciones teóricas

Estas evaluaciones consistieron en 5 exámenes escritos con preguntas alternativas. Esta calificación representa el 10% de la calificación global.

Evaluaciones prácticas

Consistía en observar el desempeño de los operadores a medida que avanzaba el curso, es decir que la evaluación era diaria. Esta calificación representa el 90% restante de la calificación global en la siguiente forma: 15% representaba procedimientos de seguridad antes y durante la operación, 15% a Inspecciones antes de la operación y procedimientos de arranque y parada y el 60% restante representa aplicaciones (en el campo) de las técnicas correctas de operación.

Los puntajes totales promedios obtenidos por los operadores en la evaluación teórica-práctica final, están detalladas en la tabla 11.

TABLA 11
RESULTADO DE EVALUACIONES TEORICAS-PRACTICAS FINALES

	Evaluaciones prácticas			Promedio evaluaciones teóricas	PUNTAJE TOTAL
	# 1	# 2	# 3		
Operador # 1	15,0	15,0	54,0	9,0	93,0
Operador # 2	15,0	15,0	42,0	7,4	79,4
Operador # 3	15,0	15,0	46,0	7,5	83,5
Operador # 4	15,0	15,0	57,0	9,5	96,5
Promedio	15,0	15,0	49,8	8,4	88,1

En relación a la tabla 2 de la sección 1.5, se puede observar el aumento del desempeño de los operadores, siendo esto uno de los indicativos de que se cumplieron con los objetivos del entrenamiento.

La mejora más notoria de los operadores, fue la disminución del tiempo del ciclo a un promedio de 0,65 min y el aumento del factor de llenado en la carga de camiones a 89,9%.

La tabla 15 muestra el resumen de las mediciones de los tiempos de ciclo de trabajo de los equipos en condiciones actuales.

TABLA 15
CALCULO DEL CICLO DE TRABAJO PROMEDIO DE LAS CARGADORAS DE RUEDAS - CONDICIONES ACTUALES

	FRENTE A	FRENTE B	PROMEDIO
Promedio tiempo de ciclo de cargadora (min)	0,65	0,64	0,65
Tiempo para llenar el camión			
Promedio tiempo de carga (min)	1,42	1,45	1,44
Promedion tiempo de intercambio (min)	0,83	0,89	0,86
Tiempo total para llenar el camión (min)	2,26	2,35	2,30

EVALUACION DEL PLAN DE MEJORAMIENTO APLICADO

TABLA 18
CALCULO DE LA PRODUCTIVIDAD - CONDICION ACTUAL

	FRENTE A	FRENTE B	Máquinas de apoyo				TOTAL
			Tractor	Motorivel	Camión sistema	Rodillo	
Producción por hora (Mtons/hr)	666,82	561,47	0,00	0,00	0,00	0,00	1.228,29
Producción requerida por año (Mtons)	1.200.000	1.000.000	0,00	0,00	0,00	0,00	2.200.000,00
Tiempo de trabajo necesarias de la flota (hrs)	1.800	1.781	2.000	2.000	1.500	1.100	—
Costo total por hora de la flota (\$/ hr)	666,24	626,59	240,92	62,50	41,00	46,60	1.673,85
Costo de producción total por año (\$)	1.180.959	1.115.980	481.840	125.000	61.500	51.260	3.016.539,11
Productividad (Mtons / \$)	1,016	0,896					0,729

Medición de la Producción y la Productividad

Para medir la producción y la productividad se utilizó el mismo método que el estipulado en la sección 1.6.

Medición de los tiempos de ciclo de trabajo y factor de llenado

Se logró a través del entrenamiento a los operadores de las cargadoras de ruedas, cargar los camiones en tres pasadas y en un tiempo de 2,30 min, esto aumentó el número potencial de camiones a cargar. La tabla 15 de la sección 2.4 muestra el cálculo del tiempo de carga del camión en condiciones actuales.

Mejorando los caminos de acarreo, los tiempos de ciclo de trabajo de los camiones disminuyeron a 10,44 min y 9,96 min en el frente A y B respectivamente, aumentando la producción por hora de los camiones.

En el pesaje de la carga de los camiones, se comprobó que en las tres pasadas de las cargadoras para llenar el camión, el factor de llenado fue de 89,9%.

Cálculo de los costos por hora de posesión y operación

Se pudo detectar una pequeña disminución de los costos de operación de los equipos a **1.674,21 \$/hr**, esto se debió principalmente a la mayor duración de los neumáticos de las máquinas de la flota y de las herramientas de corte de las cargadoras de ruedas.

Cálculo de la producción por hora, producción anual y productividad

Para cálculo de la producción en los dos frentes se utilizó el mismo procedimiento detallado en la tabla 7 de la sección 1.6. Debido la disminución de los tiempos de ciclo de las flotas y el aumento del factor de llenado, la producción subió a **1.228,29 Mtons /hr**.

Los costos totales de producción mostrados en la tabla 18, disminuyeron a \$ **3.017.175,47** Dividiendo la producción anual de **2.200.000,00 Mtons**, entre el costo de producción anual tenemos una productividad de **0,729 Mtons/\$**.

Evaluación económica del proyecto versus beneficios conseguidos

Los beneficios alcanzados en este proyecto, se lograron solamente optimizando el uso de los equipos ya existentes y a la preparación del personal que los operaba.

Se podría asumir, que también se invirtió en la utilización por 1,000 horas más de trabajo al año de la motoniveladora, pero en el balance global incluyendo este costo, se consiguió un aumento del 2,9% en la productividad, lo cual representa un ahorro anual aproximado de \$ 86.000.00,00. La tabla 19, muestra una comparación entre las condiciones iniciales y las condiciones después de aplicado el plan.

TABLA 19
COMPARACION DE LAS CONDICIONES INICIALES VS CONDICIONES DESPUES DE APLICADO EL PLAN

	Condición Inicial	Condición después del plan	AHORRO CONSEGUIDO
Producción por hora (Mtons/hr)	1.168,54	1.228,29	69,75
Producción requerida por año (Mtons)	2.200.000	2.200.000	—
Costo total por hora de la flota (\$/ hr)	1.680,48	1.673,85	-6,63
Costo de producción total por año (\$)	3.102.988	3.016.539	-86.449
Productividad (Mtons / \$)	0,709	0,729	0,020

Actualmente hay beneficios que se pueden medir como son el aumento en la vida útil de los neumáticos y herramientas de cortes. En el futuro se registrarán ahorros en la disminución de otros costos de operación, en lo que se refiere a la disminución del consumo de combustible y costos de reparación.

Los beneficios alcanzados, los cuales están reflejados en el costo producción conseguido son los siguientes:

- Disminución de los tiempos de ciclo de trabajo de las cargadoras de ruedas.
- Aumento en el factor de llenado de los cucharones.
- Disminución de los ciclos de trabajo de los camiones.
- Disminución de los costos de operación.

- Disminución del tiempo de trabajo de las flotas de máquinas en los frentes de trabajo A y B.

Conclusiones

1. El mantenimiento de las vías de acarreo aumenta la producción y la productividad.
2. El entrenamiento de los operadores de los equipos aumenta la producción y disminuye los costos de operación.
3. Las inspecciones diarias antes y durante la operación de los equipos disminuye los costos de operación.
4. El aumento del factor de llenado del cucharón y la disminución del número de pasadas del cucharón para llenar el camión aumenta la producción y la productividad.
5. La disminución de los ciclos de trabajo aumenta la producción y la productividad.
6. Se consigue más ahorro disminuyendo los tiempos de ciclo de los camiones que los de la cargadora de ruedas, los camiones son los que producen.

Recomendaciones

1. Agregar a la flota una motoniveladora más para el mantenimiento de los caminos de acarreo.
2. Supervisar y monitorear constantemente los ciclos de trabajo de las cargadoras de ruedas y camiones.

3. Refrescar periódicamente el entrenamiento a los operadores de equipos.
4. Implementar control de contaminación en el taller de reparaciones.
5. Trasladar el taller de reparaciones a otro sitio con menos contaminación o polvo.

Bibliografía

1. Caterpillar Performance Handbook, Edition 24, 1993
2. Caterpillar Earthmoving Fundamentals Manual, 1989
3. Operation & Maintenance Manual 992D, 1995
4. Operation & Maintenance Manual 992C, 1989
5. Operation & Maintenance Manual 992C, 1985
6. Operation & Maintenance Manual 775D, 1995
7. Operation & Maintenance Manual 975B, 1986
8. Operation & Maintenance Manual 973B, 1986
9. Fleet Production & Cost Analysis, Software