

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería de Minas

“MEJORAMIENTO EN EL SISTEMA DE LOS EQUIPOS DE CHANCADO Y CALCINADO PARA INCREMENTAR LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL OXIDO CALCIO (CaO) EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CAL EN HORNOS VERTICALES REGENERATIVOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

José Víctor Salinas Almanza

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo Alvarez León

Cajamarca - Perú

2019



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a Dios y la Santísima virgen de Chapi por darme la vida y la perseverancia en los momentos difíciles.

Dedicado a mi familia, mi esposa e hijos quienes se vieron afectados en el tiempo que estuve dedicado a los estudios.

En forma especial dedicado a la memoria de mi hijo Wilfredo quien siempre estuvo entusiasmado con mi proyecto, lamentablemente no estará físicamente pero estoy seguro que se sentirá feliz mirándome desde el cielo.

José

AGRADECIMIENTO

A Dios nuestro creador quien nos ama tanto que hasta entregó a su hijo, Jesucristo para la salvación de nuestras almas del pecado.

A mi querida madre y toda mi familia por el apoyo incondicional para culminar este proyecto en forma satisfactoria.

A la Universidad Privada del Norte, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y de esta manera ser útil en la sociedad.

A todos los Docentes por su apostolado de educación y la paciencia en resolver nuestras inquietudes con esa creatividad y eficiencia que es su principal característica. Aparte de inculcarnos la responsabilidad de ser partícipes del desarrollo de nuestro país.

José

Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
RESÚMEN.....	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del problema	19
1.3. Objetivos	20
1.4. Hipótesis	20
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	22
2.1. Tipo de investigación.....	22
2.2. Población y muestra.....	23
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	24
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	25
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	38
6.1. Discusión	38
6.2. Conclusiones.....	40
REFERENCIAS	44
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de producción de caliza.....	9
Tabla 2. Reporte de producción de Oxido de Calcio (CaO) antes y después de implementar las mejoras.....	33
Tabla 3. Reporte de Oxido de calcio (CaO) del Horno 1 antes de implementar las mejoras.....	33
Tabla 4. Reporte de Oxido de calcio (CaO) del Horno 2 antes de implementar las mejoras.....	34
Tabla 5. Reporte de Oxido de calcio (CaO) del Horno 1 después de implementar las mejoras.....	34
Tabla 6. Reporte de Oxido de calcio (CaO) del Horno 2 después de implementar las mejoras.....	35
Tabla 7. Resumen de los reportes de Oxido de Calcio (CaO) de los Hornos 1 y 2 antes y después de implementar las mejoras.....	35
Tabla 8. Gasto anual de mantenimiento en chancado.....	36
Tabla 9. Gasto anual de mantenimiento en línea de carga de caliza.....	36
Tabla 10. Gasto anual de mantenimiento en hornos de calcinación.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flow sheet del área de chancado.....	10
Figura 2: partes de un aprom feeder.....	11
Figura 3: partes de una chancadora de mandíbulas Jaw Master 1206.....	12
Figura 4: Base de riel no permite el paso de la piedra caliza.....	14
Figura 5: Plancha destrozada por polea móvil.....	14
Figura 6. Rieles soporte a mitad de polea motriz de aprom feeder.....	15
Figura 7. Faja transportadora sin guarderas ni guidores.....	16
Figura 8. Distribución de tuberías de combustible.....	16
Figura 9. Quemadores de 5 metros.....	17
Figura 10: Fabricación de una bandeja para faja transportadora.....	29
Figura 11. Ubicación de bandejas en faja transportadora.....	30
Figura 12. Tapas en bandeja para la faja transportadora.....	30
Figura 13. Gastos de mantenimiento y ahorro después de las mejoras.....	37

RESUMEN

En la presente investigación se realiza el mejoramiento en el sistema de los equipos de chancado y calcinado, para incrementar la producción y calidad del Oxido de Calcio (CaO) en la planta de producción de cal en hornos verticales regenerativos. El uso de estos hornos en la obtención de cal en el Perú, permite alcanzar altos niveles de producción, calidad y lo más importante cumplir con normas estandarizadas con los parámetros medioambientales.

La empresa minera en estudio tiene dentro de sus instalaciones tiene una planta para la obtención de cal desde 1998, la cual permite autoabastecerse de este producto en este tipo de hornos verticales. Con el transcurrir del tiempo, se han identificado problemas técnicos de los equipos en el área de chancado y calcinado de la caliza. En la primera etapa se tiene problemas en la tolva de gruesos y parrilla de gruesos, el aprom feeder y la faja transportadora; en el horno de cal se tiene problemas con la bomba dosificadora de combustible R-6 y la lanza dentro del horno que inyecta bunker, no se tiene la flexibilidad necesaria para retirarla y realizar su mantenimiento. Antes de implementar las mejoras la Planta de Cal tenía una producción diaria de 170 TM; después de implementar las mejoras, la producción de CaO por guardia sube a 230 TM. Se concluye que la implementación del sistema de mejoras incrementó la producción de cal en 60 TM/día (aprox. 26%). Por otro lado la Calidad del Oxido de Calcio varió desde una ley de CaO promedio de 70.18% hasta 76.29 %, incrementándose en 6.11 %.

Palabras clave: Implementación, Oxido de calcio, horno vertical regenerativo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los procesos hidrometalúrgicos para recuperar minerales valiosos tanto en flotación o lixiviación, son realizados en un ambiente alcalino, por lo que es necesario de contar con abastecimiento permanente de cal, reactivo éste convertido en el más recurrente y económico utilizado en estos procesos.

En el Perú, el mercado de la caliza se desarrolla positivamente, pues está basado en el gran potencial de recursos existentes, siendo su producción la más voluminosa entre los minerales no metálicos industriales. Durante el periodo (2,014-2,015) se extrajo 37'167,622 de toneladas de rocas calcáreas, de los cuales solo el 50% se utiliza para la fabricación de cemento. El resto se emplea en la fabricación de cal que a su vez se aplicará en diversas industrias como: la minera, metalúrgica, siderúrgica, química, agrícola, etc.

Los obstáculos que se presentan en la fabricación de la cal, están basados en su producción la que debe pasar por un proceso de calcinación a temperaturas que fácilmente llegan a 1,200°C; para obtener esta energía se emplea diferentes insumos derivados del petróleo, como por ejemplo, combustible residual 6, diésel 2, Así como también el uso de carbón en una mezcla andracítico – bituminoso.

En 1,998 llega al Perú el primer horno vertical regenerativo de doble cuba, permitiendo el ahorro de energía térmica, debido a que los gases calientes generados en la cuba que está calcinando ingresan mediante un canal a la segunda cuba,

permitiendo el precalentamiento de la caliza que se encuentra en esta parte del horno, llegando finalmente al filtro de mangas que evitará la salida de partículas al ambiente.

En la empresa minera en estudio, la materia prima carbonato de calcio, se obtiene de la cantera ubicada a 4.5 kilómetros de distancia de la planta de tratamiento. La producción anual de caliza tratada es de 436,133 TM. En la tabla 1 se observa que el 55% de desmonte y finos debe ser removido de la Planta de chancado y el 45% es la caliza que ingresa a los 2 hornos de calcinación.

Tabla 1.

Cuadro de producción de caliza en cantera.

	Horno 01	horno 02	ripios	Total
Producción diaria	180 ton.	50 ton.		230 ton.
Relación caliza / Cal	1,73	1,73		
Total de relación caliza/cal	311,4	86,5		397,9 ton.
produccion de caliza en chancado	311,4	86,5	139,8	537,7 ton.
Porcentaje de recuperación de caliza en chancado	61% de 2" a 4"	13% de 1" a 2"	26% < 1"	100%
Producción de caliza anual en chancado TM	113,660	31,572	51,027	196,260
Sub total de caliza anual en cantera TM				196,260
Porcentaje recuperación en cantera				45%
Total de material tratado anual en cantera (TM)				436,133

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza una campaña de voladura anual que permite la total producción evitando así molestias producidas por muchos disparos, también el transporte de la caliza solo dura cuatro meses aproximadamente.

La caliza es depositada en una cancha de gruesos o almacenamiento para luego ser transportada por un cargador frontal hacia la tolva de gruesos. En la parte inferior de la parrilla está ubicada la tolva de gruesos, cuyas dimensiones son 4.50 metros x 5.00

metros x 5.00 metros de altura permitiendo una capacidad de 120 TM aproximadamente, las mismas que según medidas y reportes duran una hora aproximadamente en ser consumidas por la chancadora. La parrilla consta de siete vigas longitudinales soportadas por dos transversales para evitar el pandeo, estas están ubicadas a 12” de distancia entre ellas para permitir el paso medido de la caliza y el material que tiene un tamaño mayor es retirado para ser triturado por un martillo neumático (hidráulico) cuando exista una determinada cantidad.

En la figura 1, se observa el alimentador de placas (aprom feeder) de 42” x 13’ pies de largo (aproximadamente 5 metros), cuya función es transportar la piedra caliza de la tolva de gruesos hacia la chancadora de quijas.

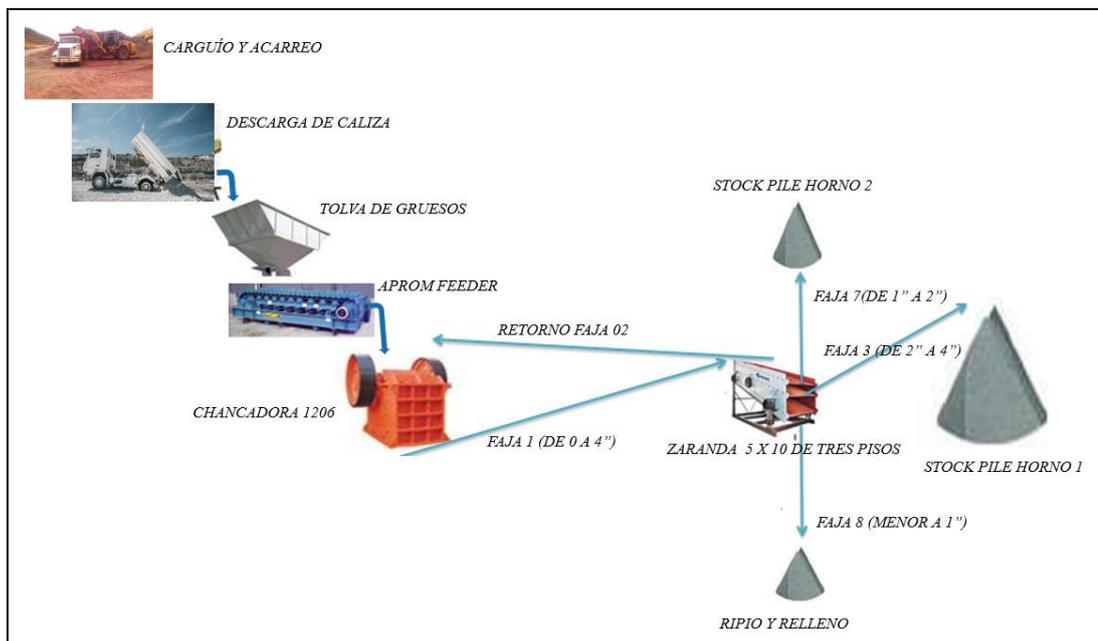


Figura 1 Flow sheet del área de chancado
 Fuente: Elaboración propia

El aprom feeder consta de una polea motriz con dos reductores accionados por un motor de 5 HP y un variador de velocidad para regular el ingreso de caliza a la

chancadora en forma uniforme evitando atoros por sobrecarga. Posee también dos cajas de reductores para multiplicar el torque del equipo, ver figura 2.

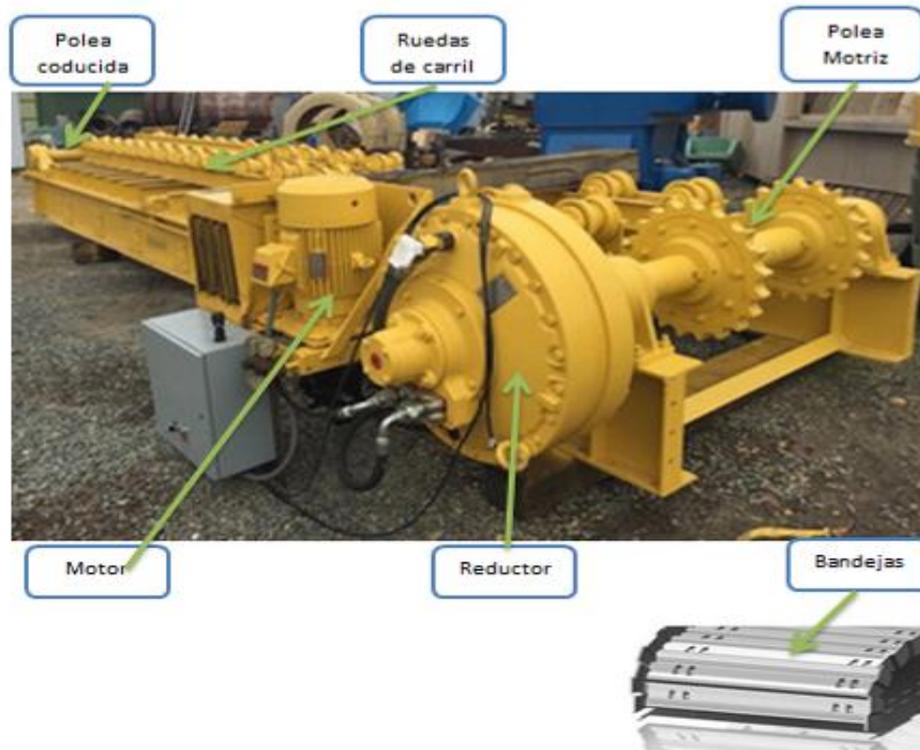


Figura 2 Partes del Aprom feeder

Fuente: Elaboración propia

La chancadora de mandíbulas reduce el tamaño de la caliza de 15” aproximadamente a 4” según set ajustado, así como también vuelve a chancar la piedra de retorno de la faja transportadora 2. El Sistema de chancado tritura la piedra mediante un accionamiento excéntrico con una quijada móvil que destroza la piedra por compresión, abrasión y molienda contra la quijada fija reduciéndola a un tamaño regulado por una abertura de salida, según lo requerido por el proceso. Ver figura 3.

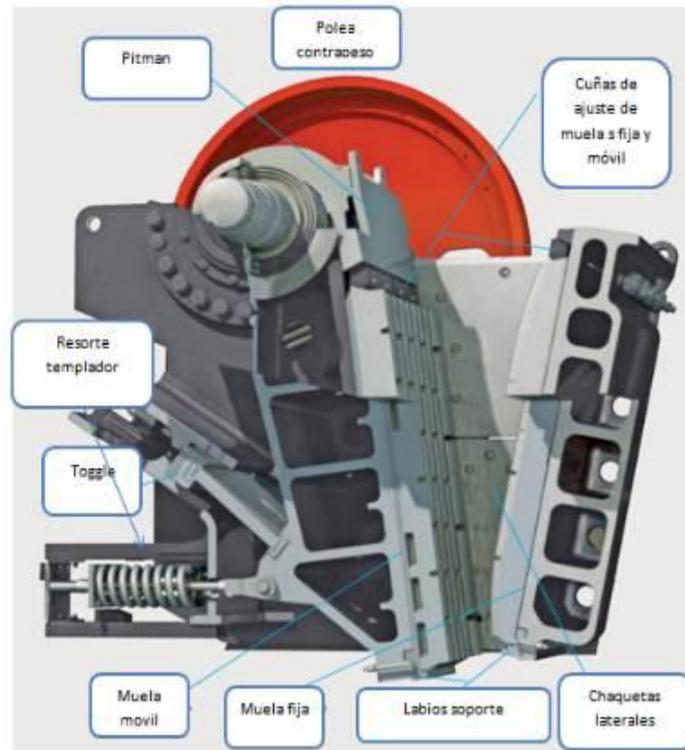


Figura 3. Partes de una Chancadora de mandíbulas Jaw Master 1206

Fuente: Elaboración propia

La función de las fajas transportadoras es llevar la piedra caliza desde la chancadora hasta el sistema de clasificación en la zaranda y a las pilas de almacenamiento igualmente se utilizan para transportar caliza del stop pile de la faja 03 hasta la parte superior del horno 01 por ultimo transporta la producción de cal hacia el área de embolsado y molienda.

La zaranda vibratoria de 5' x 10' clasifica la piedra caliza mediante mallas de diferentes tamaños en tres pisos según el orden siguiente:

- Primer piso malla 4" x 4" x 5' x 5'. Esta malla permite el Pasante de la piedra caliza menor a 4", luego el material grueso pasa mediante un chut a la faja transportadora 02, que transporta piedra caliza mayor a 4" hacia la chancadora para disminuir su tamaño.

- Segundo piso malla 2” x 2” x 5’ x 5’. Pasante piedra caliza menor de 4” a 2”, sobrante un chut a la faja transportadora 03 que lleva la caliza a una pila de almacenamiento stock pile que servirá como materia prima para el horno vertical regenerativo 01.
- Tercer piso malla 1” x 1” x 5’ x 5’. Pasante piedra caliza menor a 1” , mediante una faja transportadora 07 a un almacenamiento de ripios, sobrante piedra caliza menor a 2” y mayor a 1” a una faja transportadora 08 que servirá como materia prima del horno vertical 02.

Con el transcurrir del tiempo, se han identificado problemas técnicos de los equipos en el área de chancado y calcinado de la caliza. En la primera etapa se tiene problemas en la tolva de gruesos y parrilla de gruesos, el aprom feeder y la faja transportadora; en el horno de cal se tiene problemas con la bomba dosificadora de combustible R-6 y la lanza dentro del horno que inyecta bunker, no se tiene la flexibilidad necesaria para retirarla y realizar su mantenimiento. Estos problemas se detallan a continuación:

- a) La tolva de gruesos está construida con concreto armado, el desgaste de las paredes por una parte y la caliza pegada en sus paredes debido a la presencia de arcilla, ocasiona bloques y acampanamientos en su interior, obstruyendo el libre paso de la caliza hacia la chancadora, transportada por el aprom feeder en la parte baja de la tolva.
- b) La parrilla situada en la parte superior de la tolva de gruesos, contiene rieles de tren que comúnmente se utilizan en las plantas de tratamiento mineral a menor escala. La forma estructural de los rieles, no es la adecuada para el proceso por

demoras en mantenimiento debido a la rotura de rieles primero y porque la parte de la base del riel obstruye el paso de la caliza hacia la tolva.

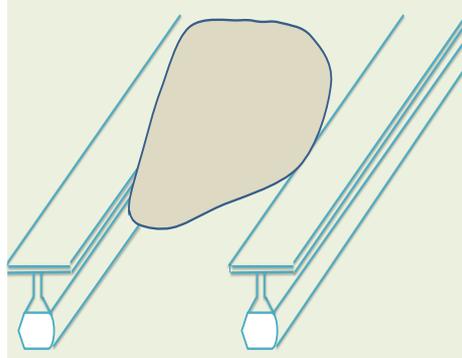


Figura 4 Base del riel no permite el paso de la piedra caliza.
Fuente: Elaboración propia

- c) En el aprom feeder, la caliza es alimentada hacia la chancadora mediante un chut y no una zaranda tipo Greeley debido al espacio reducido que hay entre el aprom feeder y la chancadora y la poca altura entre los mismos, la plancha del chut se ubica exactamente en la mitad de la polea motriz del aprom feeder permitiendo que la piedra caliza quede aprisionada entre la plancha y el feeder, ocasionando ruptura de la caliza, desgaste prematuro de bandejas, desgaste de la plancha del chut y sobre esfuerzo de la maquinaria.



Figura 5: Plancha destrozada por polea motriz.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6: Rieles soporte a mitad de polea motriz de Aprom Feeder.
Fuente: Elaboración propia.

- d) En la sección chancado se cuenta con 05 fajas transportadoras, llevando la mayor carga la faja 01 de 0.610 m x 18 m (24” x 54 pies) dimensionada para 126 TM/hora de caliza de 0 a 100 mm. (4”). Esta faja cuenta con un sistema de contención mediante faldones tradicionales, los cuales están ubicados al interior de la banda disminuyendo un espacio de 10 cm por lado aproximadamente, disminuyendo el área de carga del mineral, seguido del problema de suspensión de carga debido a la distancia entre polines (1.20 m).

En este tramo, el exceso de carga pandea la banda, permitiendo:

- Caída de material al piso generando suciedad.
- El ingreso de piedra caliza entre la banda y el faldón con el atoro subsecuente.
- El motor y reductor son forzados debido a este rozamiento, y por ultimo
- Desgaste y rotura de la banda transportadora por la tensión generada.



Figura 7: Faja transportadora sin guarderas ni guías.
Fuente: Elaboración propia.

- e) La distribución de bombas dosificadoras de combustible no se ubica proporcionalmente en forma geométrica, permitiendo que la tubería de la cuba 2 acumule combustible en su interior, ocasionando diferencias de caudal al momento de ingresar a los quemadores en el cambio de ciclo versus en consumo de la cuba 01. Ocasionando así sobre quemado de cal, aumento de temperatura y presiones al interior de la cuba 02.

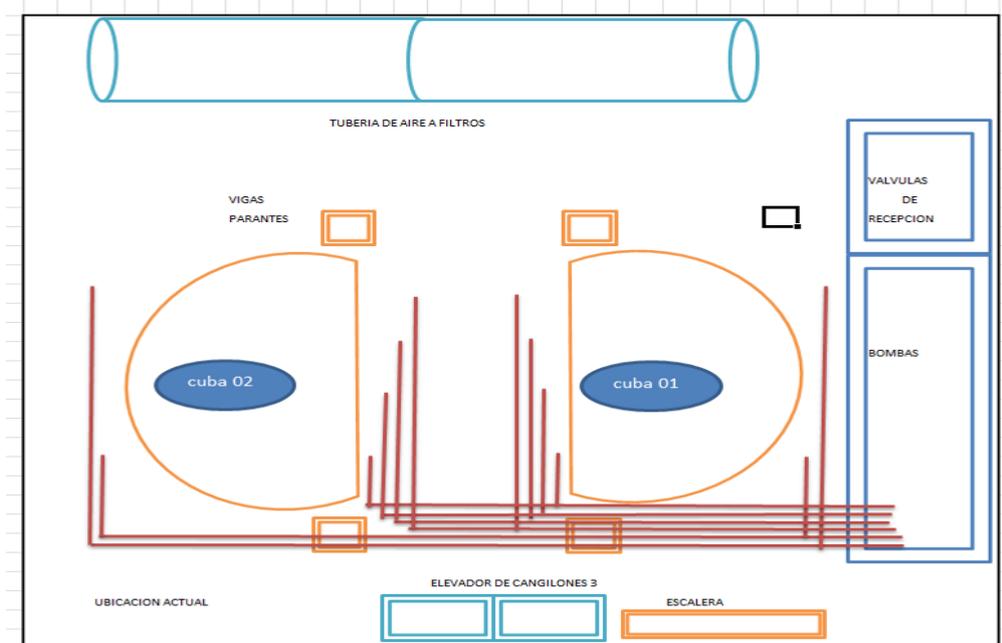


Figura 8: Distribución de tuberías de combustible, no es uniforme debido al recorrido más pronunciado en la cuba 02.

Fuente: Elaboración propia.

- f) El combustible R – 6, al momento de ingresar en los quemadores de 5 metros mediante un “tubing” de 10 mm, produce no quemados y hollín llenando el “tubing” acortando el tamaño interno y provocando atoros, ocasionando mala combustión de la cal en el área del quemador atorado.



Figura 9: Quemadores de 5 metros.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9, nótese la forma estructural del mismo, a la tubería de acero inoxidable de 2 ½”, se le une otra de 1” para que ingrese aire de enfriamiento de “tubing” por donde se adiciona la mezcla combustible / aire de nebulización.

Estos problemas técnicos representan grandes pérdidas de producción y calidad del óxido de calcio (CaO) que a la vez se traduce en pérdidas económicas para la empresa.

En esta investigación se pretende optimizar los equipos del área de chancado y calcinado, para tener una buena performance en el funcionamiento adecuado de los equipos mecánicos que intervienen en cada área de producción y reducir el porcentaje de material perdido en el transporte, almacenamiento de caliza y calcinado, para

incrementar la producción y calidad de óxido de calcio en este tipo de hornos verticales regenerativos.

Tlálloc, (2013). Presentó su Tesis para la obtención del Título de Ingeniero de Control y Automatización, titulada: “Propuesta de Mejora en el Sistema de Control para una Hidratadora de Cal”, al Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Se identificó que el problema principal es la constante dependencia que se tiene del operador de campo para verificar la correcta hidratación del material, otro de los problemas que se tienen es que la calidad del producto disminuye. Se presentan paros por atascamientos no solo tienen consecuencia en los retrasos de embarques, sino que también afecta directamente la vida útil de los equipos. Con las propuestas de mejora se logra una reducción en tiempos de paro por atascamientos, la reducción del rechazo por grumos de material, el ahorro en el consumo de energía eléctrica y la protección tanto del operador como del equipo.

Villegas, (2013). presentó su Tesis para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, titulada: “Proyecto de Instalación de un Horno Vertical Maerz para Producción de Cal Industrial en Agua Prieta, Sonora”, al Instituto Politécnico Nacional, México D.F. Se precisó la trayectoria de cada transportador a partir de los arreglos generales del proyecto. Estos arreglos nos dan la longitud del transportador, que siempre se precisa como la distancia entre los ejes principales de las poleas de cabeza, o sea, la motriz y la polea de cola o conducida. Aunado a esto se determina el desnivel, positivo o negativo, que habrá entre estas poleas. Debido a la deficiente operación de la quebradora primaria y a la naturaleza propia de la materia prima,

transporta trozos de hasta 14”, lo que ocasiona frecuentes tiraderos. Hay que cambiarla a 48” de ancho, no por capacidad, sino por el tamaño del material manejado. En caso de que se prefiera facilitar el cambio se puede cambiar a 42”.

Ávalos, (2017). Presentó su Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial titulada: “Propuesta de Mejora en la Producción de Cal Viva para Reducir Costos Operativos en la Empresa Phuyu Yuraq II – Cajamarca” a la Universidad Privada del Norte, Trujillo – Perú. La tesis consistió en realizar propuestas de mejora para la producción de óxido de calcio. Actualmente la zona de estudio le pertenece a la concesión minera no metálica Ítalo. Mediante el desarrollo de esta tesis se concluye que la evaluación económica consta con inversiones y egresos anuales de S/. 3´028 450 (tres millones veintiocho mil cuatrocientos cincuenta soles) y beneficios de S/. 9 585 000 (nueve millones quinientos ochenta y cinco mil soles) generando VAN de S/. 3´748 691 (tres millones setecientos cuarenta y ocho mil seiscientos noventa y un soles), TIR de 148% y la relación B/C es de 2.6.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo se incrementará la producción y calidad de Oxido de Calcio (CaO) con el mejoramiento en el sistema de los equipos de chancado y calcinado de la planta de producción de cal en hornos verticales regenerativos?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Mejorar el sistema de los equipos de chancado y calcinado para incrementar la producción y calidad de Oxido de Calcio (CaO) en la planta de producción de cal en hornos verticales regenerativos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Indicar las mejoras y definir el procedimiento de modificación en el sistema de los equipos.
- Comparar la producción y calidad del Oxido de calcio antes y después de implementar las mejoras en las secciones chancado y calcinado.
- Comparar los gastos de mantenimiento después de las mejoras.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Con el mejoramiento en el sistema de los equipos de chancado y calcinado se incrementará la producción entre 25% a 30% y la calidad de Oxido de Calcio se incrementará de 70% a 80% de CaO.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con las mejoras indicadas y definido el procedimiento de modificación en los sistemas de los equipos, se podrá solucionar los problemas técnicos que se presentan en la Planta de producción de óxido de calcio.

- Se estima que la planta de producción de cal incrementará su producción entre 25% y 30% y la calidad del óxido de Calcio se incrementará de 70% a 80% de CaO.
- Los gastos de mantenimiento después de las mejoras son justificables considerando las pérdidas que están ocasionando los problemas técnicos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Hernández Sampieri (2010), menciona que “la investigación puede cumplir dos propósitos fundamentales: a) producir conocimiento y teorías (investigación básica) y b) resolver problemas prácticos (investigación aplicada). Por lo tanto, el tipo de investigación es Aplicada.

Hernández Sampieri (2019), afirma que, en un estudio Experimental se construye el contexto y se manipula de manera intencional la variable independiente (en este caso la modificación en los sistemas de los equipos de las secciones chancado y calcinado), después se observa el efecto de esta manipulación sobre la variable dependiente (aquí la producción y calidad del Oxido de Calcio CaO). Hernández también menciona que en los diseños cuasi experimentales también se manipulan deliberadamente, al menos una variable independiente para analizar su efecto y relación con una o más variables dependientes. Se diferencian de los experimentos “puros” en el grado de seguridad o confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En estos diseños, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: son grupos intactos. En la investigación se da en que el experimento influye sobre producción y calidad del CaO en la Planta; un grupo experimental es la guardia A del turno matutino, otro grupo es la guardia B del turno noche y el grupo de control es la guardia C que está de descanso. Es decir se toma a grupos constituidos.

Por lo mencionado anteriormente, la investigación es Aplicada, del tipo Experimental con diseño Cuasi experimental.

2.2. Población y muestra

Población:

La población del presente trabajo de investigación está constituida por los problemas técnicos en las plantas de producción de óxido de calcio en la región Cajamarca.

Muestra:

El elemento que fué tomado como muestra está constituida por los problemas técnicos que se presentaron desde octubre del 2016 hasta julio del 2018, en la planta de producción de cal en hornos verticales regenerativos.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para realizar el levantamiento de la información se utilizó las técnicas de la observación directa y el análisis documental.

- **Observación directa:** con esta técnica se determinó de manera visual los problemas técnicos que están ocurriendo en la planta de producción de óxido de calcio. Se tomaron fotos para evidenciar el mal estado de los equipos así como también los desperfectos en las líneas de producción.
- **Análisis documental:** mediante esta técnica se analizó la información en artículos, tesis, libros y reportes de fábrica, acerca de los problemas técnicos que ocurren en una planta de producción de óxido de calcio. Se

recolectó información de la producción y calidad del óxido de calcio antes y después de la implementación de mejoras.

2.3.2 Técnicas e instrumentos de análisis de datos

Para el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados, las fotos de las mejoras, así como los datos de producción y calidad del CaO, fueron ingresados al Office Excel y con ellos se obtuvieron tablas y gráficos, donde se trató toda la información obtenida con el objetivo de tener evidencia necesaria para poder diseñar la mejora en la Gestión de Mantenimiento.

2.4. Procedimiento

- a) Coordinaciones en la zona de estudio
 - Preparación de los instrumentos para la toma de datos mencionados anteriormente (observación y cuaderno).
 - Coordinación con Gerencia y las jefaturas de Mantenimiento, Operaciones Mina, Logística, Administración y Recursos Humanos.
- b) Toma de datos
 - Se realizó un diagnóstico de acuerdo a las características de la investigación.
 - Se realizó el levantamiento de la información cumpliendo el rol de fechas establecido por los responsables de la empresa y el investigador.
- c) Preparación de materiales y herramientas para realizar las mejoras
- d) Montaje de nuevos accesorios y modificaciones en los equipos.
- e) Recopilación de datos de producción y calidad del CaO con la implementación de las mejoras.

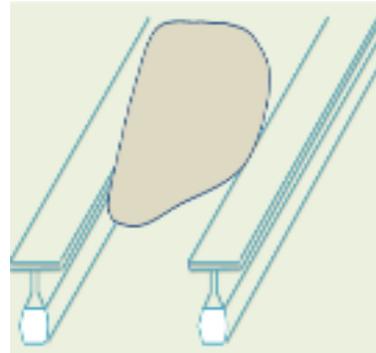
CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1 Oportunidad de mejora en tolva de gruesos, parrilla o zaranda estática en la sección chancado.

Problema	Foto	Solución	Foto
<p>El desgaste de las paredes por una parte y la caliza pegada en sus paredes debido a la presencia de arcilla ocasiona bloques y acampanamientos en su interior obstruyendo el libre paso de la caliza hacia la chancadora transportada por un aprom feeder en la parte baja de la tolva.</p>		<p>Se forró las paredes con planchas de acero de 3/8", estas permiten la caída de la caliza y disminuye los acampanamientos al interior de la tolva.</p>	
<p>Las vigas utilizadas con anterioridad eran rieles de tren que comúnmente se utilizan en las plantas de tratamiento mineral a menor escala. La forma estructural de las vigas de tren no eran adecuadas para el proceso por demoras en mantenimiento debido a la rotura de rieles primero y porque la parte de la base del riel obstruía el paso de la caliza hacia la tolva.</p>		<p>Cambio de vigas de riel por estructuras fabricadas en forma trapezoidal para soportar la rotura y permitir el paso de la piedra caliza dentro de la tolva. (ver plano adjunto) Estas vigas fueron diseñadas y construidas con planchas de acero de 1" y las dimensiones 6" x 6" x 15 pies de largo. Las modificaciones permitieron un cambio de viga cada dos años mientras que los rieles eran cambiados cada quince días, el tiempo de parada por reparación es menor y mayor el tiempo entre reparaciones. Los costos a largo plazo resultan beneficiosos en base al precio de las vigas versus el de los rieles.</p>	



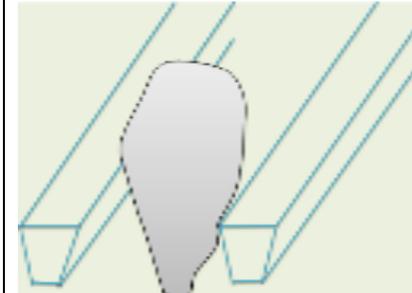
Atoros en vigas de tolva de gruesos



Descanso de rocas en filo de rieles el borde no permite su libre paso.



Fabricación de vigas trapecoidales para tolva de gruesos, planchas de acero de 1”.



Vigas trapecoidales más fuerte y permiten el paso libre de la roca.

Oportunidad de mejora en el Aprom Feeder y faja transportadora N° 1 en la sección chancado.

Problema	Foto	Solución	Foto
<p>En el aprom feeder: la caliza cae hacia la chancadora mediante un chut y no una zaranda tipo grizzly debido al espacio reducido que hay entre el aprom feeder y la chancadora y la poca altura entre los mismos, la plancha del chut se ubica exactamente en la mitad de la polea motriz del aprom feeder permitiendo que la piedra caliza quede aprisionada entre la plancha y el feeder, ocasionando ruptura de la caliza, desgaste prematuro de bandejas, desgaste de la plancha del chut y sobre esfuerzo de la maquinaria.</p>	 <p>Plancha destrozada por polea motriz.</p>  <p>Rieles soporte a mitad de polea motriz de Aprom Feeder.</p>	<p>Se decide bajar la plancha del chut, 8” para que se ubique debajo de la polea motriz del feeder y así evitar estos contratiempos.</p>	 <p>Plancha bajo polea motriz de Aprom Feeder.</p>

<p>En la Faja transportadora N°1: se tenía un sistema de contención mediante faldones tradicionales, los cuales están ubicados al interior de la banda disminuyendo un espacio de 10 cm. Por lado aproximadamente, seguido del problema de suspensión de carga debido a la distancia entre polines (1.20 metros).</p> <p>En este tramo, el exceso de carga padea la banda, permitiendo que se genere los siguientes problemas:</p> <ol style="list-style-type: none"> Caída de material al piso generando suciedad. El ingreso de piedra caliza entre la banda y el faldón con el atoro subsecuente. El motor y reductor son forzados debido a este rozamiento, y por ultimo Desgaste y rotura de la banda transportadora por la tensión generada. 		<p>Para mejorar el sistema de contención de piedra caliza dentro de la banda en fajas transportadoras era necesario el cambio de bandejas tipo faldones en la parte exterior de la lona, las que permiten que:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La banda se deslice sobre una plancha inclinada evitando el pandeo ✓ Las paredes laterales de plancha permiten mayor cantidad de caliza dentro de la faja ✓ No permite rozamiento al interior de la banda ✓ La suciedad disminuye bajo la faja transportadora y, por último ✓ El mantenimiento es más rápido y el cambio de lonas menos frecuente es decir el tiempo entre reparaciones es mayor y la duración de parada por mantenimiento es menor. <p>Este proyecto fue transmitido luego a las demás áreas de producción como: línea de carga de caliza que transporta caliza hacia el winche eléctrico del horno 01 y la descarga del horno de cal a molienda y almacenamiento.</p>	 <p>Bandejas en lugar de faldones.</p> 
--	--	--	--

FABRICACION DE BANDEJAS

Primer paso

Se cortan planchas de acero estructural (fierro negro) de 1200 mm. X 300 mm. X 3 mm. De espesor, suponiendo que la faja transportadora sea de 24 metros, se cortarían 40 planchas bandejas, una plancha comercial viene con las medidas de 1200 mm. X 2400 mm. Si se obtienen 8 bandejas x plancha necesitaríamos un total de 5 planchas enteras.

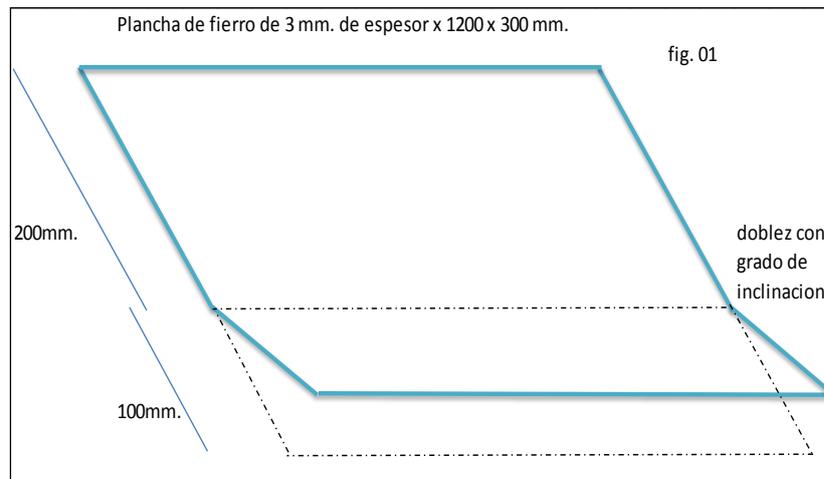


Figura 10. Fabricación de una bandeja para faja transportadora.

Fuente: Elaboración propia.

Segundo paso

A las bandejas se les practica un desgaste con esmeril y disco de corte en las líneas punteadas, es decir a 200 mm; luego se les da un doblé según la inclinación de los polines de la faja transportadora. (Paso 01).

Se toma medida de la altura que tendrán las planchas soporte verticales siempre tomando como referencia la inclinación de la banda transportadora, luego, asegurar el doblé con soldadura.

Las planchas soporte verticales son de 6 mm. (1/4"). Estas pueden ser soldadas al pie del chasis de la faja transportadora o empernadas al mismo bastidor para su desmontaje en caso necesario, son cuatro soportes por un par de bandejas. (Paso 02).

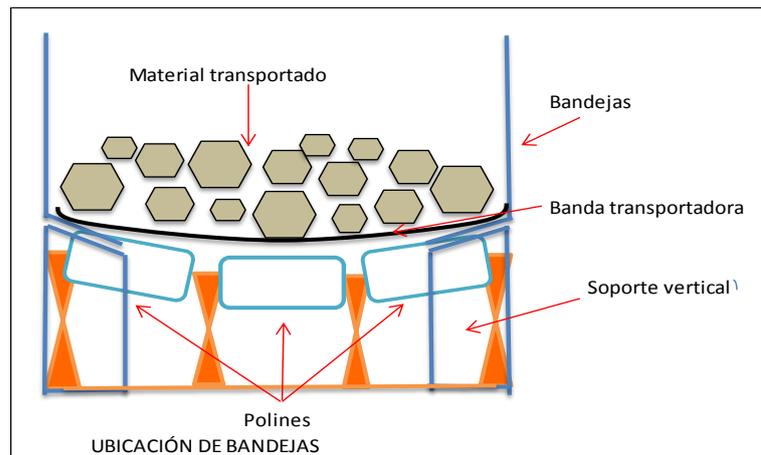


Figura 11. Ubicación de bandejas en faja transportadora.
 Fuente: Elaboración propia.

Tercer paso

A las bandejas se procede a realizar un doblé en la parte superior de la bandeja vertical permitiendo un ángulo de 90 grados x 40 mm. (1 ½”). Este ángulo servirá para el apoyo de las respectivas tapas, para evitar la polución y protección contra la lluvia, Por último, se colocan planchas entre bandeja y bandeja con el respectivo desgaste para que no roce el polín y permita cerrar herméticamente la bandeja.

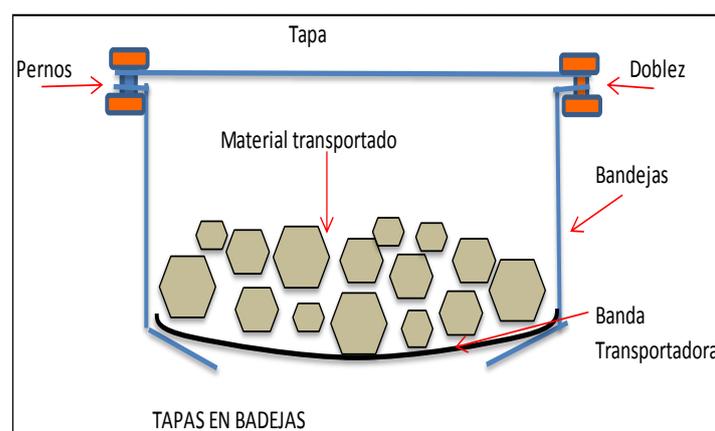
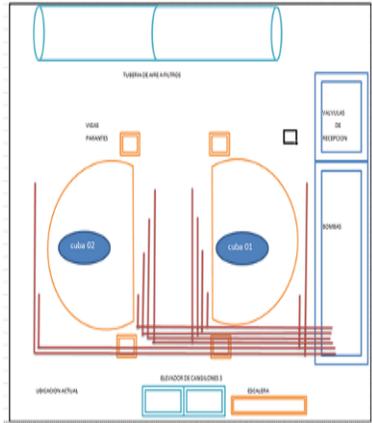
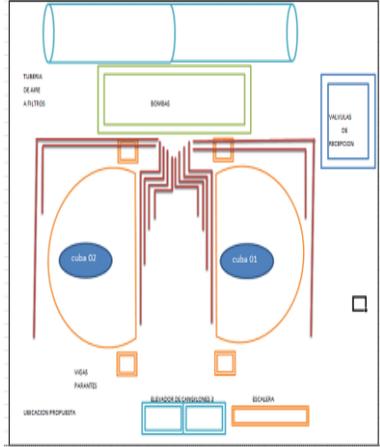


Figura 12. Tapas en bandeja para la faja transportadora.
 Fuente: Elaboración propia.

Oportunidad de mejora en el área de combustión y calcinamiento de los hornos en la sección calcinado

Problema	Foto	Solución	Foto
<p>En el horno de cal 02, la distribución de bombas dosificadoras de combustible no se ubica en forma simétrica permitiendo que las tuberías de la cuba 02 acumulen mayor cantidad de combustible en su interior ocasionando diferencia de caudal al momento de ingresar en los quemadores en el cambio de ciclo versus el consumo de la cuba 01. Esto permite sobre quemado de cal en la cuba 01, aumento de temperaturas y presiones al interior de la cuba 01. Cal cruda en la cuba 02.</p>		<p>Se cambia la ubicación de las bombas dosificadoras de combustible y su distribución simétrica entre ambas cubas del horno, las tuberías están en forma equidistante en ambas cubas, asegurando la misma cantidad de combustible en los quemadores en cada ciclo de combustión.</p>	 <p>Distribución de tubería de bombas dosificadoras simétricas y equidistantes.</p>
<p>En el horno de cal vertical regenerativo de doble cuba 01, el combustible residual y/o el aceite usado al momento de ingresar a los quemadores produce atoros en sus boquillas debido a la forma del quemador en ángulo recto.</p> <p>La limpieza de los tubings o boquillas se realiza con un cable de acero de 1/4" y en las puntas brocas de acero de la misma dimensión accionados por un taladro manual.</p>		<p>Se solicita al proveedor de quemadores fabricarlos con ángulo recto pero con una curvatura pronunciada para poder retirar el tubing del quemador y cambiarlo por uno nuevo sin necesidad de retirar todo el quemador, con el apoyo de empresas especializadas se fabrica suples de acero para permitir la nueva curvatura de los quemadores.</p>	

Al término de esta actividad los tubings quedan atorados y no se puede alimentar combustible debiendo bloquear este quemador a la espera de su cambio ocasionando paradas de horno con las siguientes consecuencias:

- ✓ Enfriamiento del horno
- ✓ Pérdida de tiempo por descarga del horno 6 metros, uno más bajo de la parte inferior del quemador, para poder realizar el cambio del mismo
- ✓ Parada de producción por un día para el cambio de quemador.



Partes del quemador refractario, tubo para aire de enfriamiento y tubing para combustión.



Permite el retiro de las boquillas o tubing del quemador.

3.2 Producción y calidad del óxido de calcio antes y después de implementar las mejoras en las secciones chancado y calcinado.

Tabla 2

Producción de Oxido de calcio (CaO) antes y después de implementar las mejoras

	Horno 1	Horno 2
Total de cal x guardia (´TM)	60	25
Total de cal x día (´TM)	120	50
Producción total x día (´TM)	170	
Fecha: 12/12/2010	(Antes de las mejoras)	
Total de cal x guardia (´TM)	90	25
Total de cal x día (´TM)	180	50
Producción total x día (´TM)	230	
Fecha: 05/08/2018	(Después de las mejoras)	

Fuente: Planta de Cal de la Empresa Minera en estudio.

Tabla 3

Reportes de Oxido de calcio (CaO) del Horno 1 antes de implementar las mejoras

ANALISIS DE CUBAS HORNO 1						Fecha :	04/11/2017
Cuba	Muestreador	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	LOI %	LOI %	CAL ÚTIL %
Cuba 01	A1	226260	246320	245450	4.34	4.30	71.50
Cuba 01	A2	226098	246456	245576	4.32		
Cuba 01	A3	226478	246890	245950	4.61		
Cuba 01	A4	225460	245950	245140	3.95		
Cuba 02	B1	226123	246835	245915	4.44	4.69	70.20
Cuba 02	B2	228980	246330	245490	4.84		
Cuba 02	B3	225380	245780	244785	4.88		
Cuba 02	B4	225270	245670	244734	4.59		
						Promedio: 70.85	
Composito	Cal Util %	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	Loss		
Cuba 01	71.50	226322	246720	245847	4.28		
Cuba 02	70.20	226126	246456	245496	4.72		

Fuente: Laboratorio químico de la Planta de Cal

Tabla 4

Reportes de Oxido de calcio (CaO) del Horno 2 antes de implementar las mejoras

ANALISIS DE CUBAS HORNO 2						Fecha :	22/10/2017
Cuba	Muestreador	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	LOI %	LOI %	CAL ÚTIL %
Cuba 01	A1	229658	249678	249010	3.34	5.34	70.68
Cuba 01	A2	228334	248360	247022	6.68		
Cuba 01	A3	228456	248244	247123	5.67		
Cuba 01	A4	229637	249322	248210	5.65		
Cuba 02	B1	231114	250000	249114	4.69	5.52	68.34
Cuba 02	B2	227998	249223	247886	6.30		
Cuba 02	B3	228769	248970	247524	7.16		
Cuba 02	B4	229345	249378	248564	4.06		
						Promedio: 69.51	
Composito	Cal Util %	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	Loss		
Cuba 01	70.68	227960	249969	248792	5.35		
Cuba 02	68.34	254259	272512	271490	5.60		

Fuente: Laboratorio químico de la Planta de Cal

Tabla 5

Reportes de Oxido de calcio (CaO) del Horno 1 después de implementar las mejoras

ANALISIS DE CUBAS HORNO 1						Fecha :	12/05/2018
Cuba	Muestreador	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	LOI %	LOI %	CAL ÚTIL %
Cuba 01	A1	220377	241314	240890	2.03	1.55	78.40
Cuba 01	A2	220937	240980	240678	1.51		
Cuba 01	A3	220515	240568	240340	1.14		
Cuba 01	A4	221360	241440	241136	1.51		
Cuba 02	B1	220530	240680	240336	1.71	1.78	76.20
Cuba 02	B2	220230	240380	240120	1.29		
Cuba 02	B3	220512	240620	240200	2.09		
Cuba 02	B4	221690	241730	241324	2.03		
						Promedio: 77.30	
Composito	Cal Util %	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	Loss		
Cuba 01	78.40	217889	247710	247190	1.74		
Cuba 02	76.20	218745	248345	247784	1.90		

Fuente: Laboratorio químico de la Planta de Cal

Tabla 6

Reportes de Oxido de calcio (CaO) del Horno 2 después de implementar las mejoras

ANALISIS DE CUBAS HORNO 2						Fecha :	14/12/2018
Cuba	Muestreador	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	LOI %	LOI %	CAL ÚTIL %
Cuba 01	A1	217345	237238	237012	1.14	1.70	76.10
Cuba 01	A2	218120	238390	238113	1.37		
Cuba 01	A3	218638	238534	237980	2.78		
Cuba 01	A4	218789	238658	238356	1.52		
Cuba 02	B1	218423	238429	238014	2.07	1.85	74.85
Cuba 02	B2	217980	237865	237645	1.11		
Cuba 02	B3	217869	237835	237386	2.25		
Cuba 02	B4	218400	238423	238024	1.99		
						Promedio: 75.48	
Composito	Cal Util %	Crisol Vacio	Crisol con muestra	Crisol Calcinado	Loss		
Cuba 01	76.10	217050	237450	237110	1.67		
Cuba 02	74.85	218745	237340	236992	1.87		

Fuente: Laboratorio químico de la Planta de Cal

Tabla 7

Resúmen de los reportes de Oxido de calcio (CaO) de los Hornos 1 y 2, antes y después de implementar las mejoras

FECHA	HORNO 1		HORNO 2		PROMEDIO
	% CaO (Oxido de calcio)				
	Cuba 1	Cuba 2	Cuba 1	Cuba 2	
04/11/2017	71.50	70.20	'-.-	'-.-	
22/10/2017	'-.-	'-.-	70.68	68.34	
PROMEDIO	70.85		69.51		70.18
12/05/2018	78.40	76.20	'-.-	'-.-	
14/12/2018	'-.-	'-.-	76.10	74.85	
PROMEDIO	77.30		75.48		76.39

Fuente: Laboratorio químico de la Planta de Cal

3.3 Evaluación de los gastos de mantenimiento después de las mejora

Tabla 8

Gasto anual de Mantenimiento en chancado

Maquinaria	rodamientos	correas	reductores	quijadas	poleas	bandas	otros	atoros	limpieza	total	ahorros
Parrilla							2	1			9000
Apron feeder	1		1				2	4	200		26720
Chancadora	1	1		2			1	5	52		620
Faja transportadora 01	1	2	1		1	1			5		1000
Faja transportadora 02	1	3	1		1	1			4		
Faja transportadora 03	1	1	1		1				1		
Faja transportadora 07	1	3	1		1	1			4		
Faja transportadora 08	1	3	1		1				2		
Zaranda vibratoria 5 x 10	1	2					2		3		
Bomba de agua	1								2		
Sub total	9	15	6	2	5	3	7	31	252	330	37340
Precio unitario	300	25	1000	1000	200	6000	1000	20	40		
total	2700	375	6000	2000	1000	18000	7000	620	26720	64415	27075

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa en estudio.

Los ahorros son considerados en los componentes en rojo.

Tabla 9

Gasto anual en línea de carga de caliza

Maquinaria	rodamiento	correas	reductor	Plancha	polea	banda	otros	atoros	limpieza	total	ahorros
faja transportadora 04	1	2	1		1			5	52		6000
extractor vibratorio 01				1							300
extractor vibratorio 02				1							2080
extractor vibratorio 03				1							
extractor vibratorio 04				1							
Faja transportadora 05	1	2	1		1	1			5		
Faja transportadora 09	1	2	1		1	1			5		
zaranda vibratoria 4 x 8	1	2		2							
skip winche eléctrico							1				
electro imán				1							
sub total	4	8	3	7	3	2	1	15	52	95	8380
precio unitario	300	25	1000	100	200	6000	100	20	40	7785	
Total	1200	200	3000	700	600	12000	100	300	2080	20180	11800

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa en estudio.

Los ahorros son considerados en los componentes en rojo.

Tabla 10

Gasto anual de Mantenimiento en hornos de calcinación

Maquinaria	Cantidad	correas	empaques	motor	cambio	rodamientos	otros	total	ahorros
Planta Hidráulica	1			1			1		
compuertas	16		16			2			
soplador 204.1	1	1				1			
soplador 204.2	1	1				1			
soplador 204.3	1	1				1			
soplador 204.4	1	1				1			
soplador 311.1	1	1				1			
soplador 311.2	1	1				1			
quemadores	24				24				
Bombas de transferencia	2				2				
bombas de dosificación	12				12				
compresor 101.1	1						1		
compresor 101.2	1						1		
sub total	63	6	16	1	38	8	3	135	
Precio unitario		140	10	1000	1000	40	40		
total		840	160	1000	38000	320	120	40440	

Fuente: Área de mantenimiento de la Empresa en estudio.

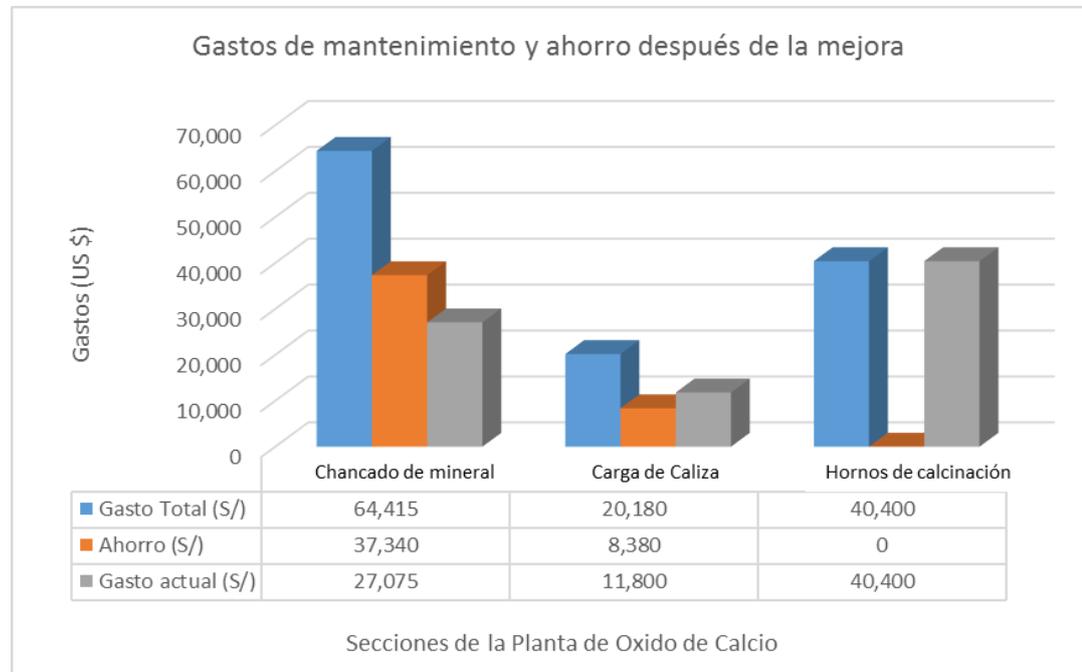


Figura 13. Gastos de mantenimiento y ahorro después de las mejoras

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

Se realizó la mejora a la tolva de gruesos en la sección chancado que fué construida de concreto armado, el desgaste en las paredes por una parte y la caliza pegada en sus paredes debido a la presencia de arcilla, ocasionaba bloques y acampanamientos en su interior obstruyendo el libre paso de la caliza hacia la chancadora transportada por un aprom feeder en la parte baja de la tolva. Como solución se forró las paredes de la tolva con planchas de acero de 3/8”, que permiten la caída de la caliza y disminuye los acampanamientos al interior de la tolva. En la parrilla de gruesos, se cambió las vigas de riel por estructuras fabricadas en forma trapezoidal para soportar la rotura y permitir el paso de la piedra caliza dentro de la tolva. Las modificaciones permitieron un cambio de viga cada dos años mientras que los rieles eran cambiados cada quince días, el tiempo de parada por reparación es menor y mayor el tiempo entre reparaciones. Los costos a largo plazo resultan beneficiosos en base al precio de las vigas versus el de los rieles.

En el aprom feeder se bajó la plancha del chut, 8” para que se ubique debajo de la polea motriz del feeder y así evitar estos contratiempos.

Para mejorar el sistema de contención de piedra caliza dentro de la banda en fajas transportadoras era necesario el cambio de bandejas tipo faldones en la parte exterior de la lona.

Se cambia la ubicación de las bombas dosificadoras de combustible y su distribución simétrica entre ambas cubas del horno, las tuberías están en forma equidistante en

ambas cubas, asegurando la misma cantidad de combustible en los quemadores en cada ciclo de combustión.

Se solicita al proveedor de quemadores fabricarlos con ángulo recto pero con una curvatura pronunciada para poder retirar el tubing del quemador y cambiarlo por uno nuevo sin necesidad de retirar todo el quemador, con el apoyo de empresas especializadas se fabrica suples de acero para permitir la nueva curvatura de los quemadores.

En la tabla 2 se presenta el reporte de producción de Oxido de calcio (CaO) antes de implementar las mejoras con una producción por guardia de 85 TM, haciendo una producción diaria de 170 TM. También en la tabla 3 presenta el reporte de producción de Oxido de calcio (CaO) después de implementar las mejoras con una producción por guardia de 115 TM, haciendo una producción diaria de 230 TM. Haciendo un análisis comparativo sobre la producción de CaO antes y después de implementar las mejoras en las secciones chancado y calcinado se tiene un incremento en la producción de 60 TM/día.

En la tabla 4 se presenta el reporte de Oxido de calcio del Horno 1, antes de implementar las mejoras con una ley promedio de 70.85% de CaO en el día 04/11/2017. También en la tabla 5 se presenta el reporte de Oxido de calcio del Horno 2, antes de implementar las mejoras con una ley promedio de 69.51% de CaO en el día 22/10/2017.

En la tabla 6 se presenta el reporte de Oxido de calcio del Horno 1, después de implementar las mejoras con una ley promedio de 77.30 % de CaO en el día 12/05/2018. Luego en la tabla 7 se presenta el reporte de Oxido de calcio del Horno 2, después de implementar las mejoras con una ley promedio de 75.48 % de CaO en el día 14/12/2018.

Al realizar un resumen de los reportes de Oxido de calcio (CaO) de los Hornos 1 y 2, antes y después de implementar las mejoras, se observa en la tabla 8, que la Calidad del Oxido de Calcio (CaO) varió desde la ley promedio de 70.18% hasta 76.29 %, incrementándose en 6.11 %.

En la tabla 9 se muestra el gasto anual de mantenimiento antes de realizarse las mejoras en la sección chancado de caliza, que sumaba US \$ 64,415. Después de las mejoras se realiza un gasto anual de US \$ 27,075, lo cual representa un ahorro por año de US \$ 37,340. Luego en la tabla 10 se muestra el gasto anual de mantenimiento antes de realizarse las mejoras en la sección carga de caliza, que sumaba US \$ 20,180. Actualmente después de las mejoras se realiza un gasto anual de US \$ 11,800 o cuál representa un ahorro por año de US \$ 8,380. Por último en la tabla 11 se muestra el gasto anual de mantenimiento en los hornos de calcinación que asciende a US \$ 40,400. Ver figura 13.

4.2 Conclusiones

Se implementó un sistema de mejoras para solucionar problemas técnicos que ocurren en los equipos de las secciones chancado y calcinado, lográndose

incrementar la producción en 60 TM/día y en 6.1 % de CaO, de la planta de producción de óxido de calcio en hornos verticales regenerativos.

En la sección chancado se forró las paredes de la tolva de gruesos con planchas de acero de 3/8”, que permiten la caída de la caliza y disminuye los acampanamientos al interior de la tolva. En la parrilla de gruesos, se cambió las vigas de riel por estructuras fabricadas en forma trapezoidal para soportar la rotura y permitir el paso de la piedra caliza dentro de la tolva. Luego para mejorar el sistema de contención de piedra caliza dentro de la banda en fajas transportadoras, se cambió de bandejas tipo faldones en la parte exterior de la lona. En el aprom feeder se bajó la plancha del chut, 8” para que ésta se ubique debajo de la polea motriz del feeder y así evitar estos contratiempos. En la sección calcinación se cambia la ubicación de las bombas dosificadoras de combustible y su distribución simétrica entre ambas cubas del horno, las tuberías ahora están en forma equidistante en ambas cubas, asegurando la misma cantidad de combustible en los quemadores en cada ciclo de combustión.

Antes de implementar las mejoras la Planta de Cal tenía una producción por guardia de 85 TM, haciendo una producción diaria de 170 TM. Después de implementar las mejoras la producción de CaO por guardia sube a 115 TM, haciendo una producción diaria de 230 TM. Se concluye la implementación del sistema de mejoras incrementó en la producción en 60 TM/día. Por otro lado la Calidad del Oxido de Calcio (CaO) varió desde una ley promedio de 70.18% hasta 76.29 %, incrementándose en 6.11 %.

El gasto anual de mantenimiento antes de realizarse las mejoras en la sección chancado de caliza sumaba US \$ 64,415; ahora después de realizarse las mejoras se realiza un gasto anual de US \$ 27,075, que representa un ahorro US \$ 37,340 por año. Luego el gasto anual de mantenimiento antes de realizarse las mejoras en la sección carga de caliza sumaba US \$ 20,180; después de las mejoras se realiza un gasto US \$ 11,800 por año, que representa un ahorro US \$ 8,380 por año. Por último gasto de mantenimiento en los hornos de calcinación que asciende a US \$ 40,400 por año. Las mejoras en la sección hornos de calcinación existen pero no en mantenimiento sino en combustible.

REFERENCIAS

- Análisis del mercado de insumos críticos en la minería del cobre. Según la Comisión Chilena del Cobre en su informe anual. Registro Propiedad Intelectual N° 270140. Arcadis Geotecnia, Minera Collahuasi Chile.
- Astucuri, V. (1999) Introducción a la flotación de minerales. Lima – Perú.
- ASTM American National Standard. Producción y manipulación de cal.
- Betejtin A. (1997) Curso de Mineralogía 3ra edición Editorial MIR – Moscú.
- CHIMPROGETTI, (2008) Manual de Operación de Hornos. Italia.
- COMISIÓN EUROPEA DIRECCIÓN GENERAL CCI Instituto de Prospectiva Tecnológica Unidad de Consumo y Producción Sostenibles Oficina Europea de Prevención y Control Integrados de la Contaminación. referencia sobre las mejores técnicas disponibles en la industria de fabricación de cemento, cal y óxido de magnesio Mayo de 2010.
- Coloma, (2008) LA CAL ES UN REACTIVO QUÍMICO. Antofagasta - Chile.
- Coloma G. (1995) la Cal en la minería extractiva. Universidad Católica de Chile, SOPROCAL, Antofagasta – Chile
- Cuadra P. (2008) División El Teniente, Codelco Central Chile.
- Dávila J. (1997) Diccionario Geológico del Perú. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería. Perú
- Días, M. (2014). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada de la empresa equipos técnicos de Colombia ETECOL SAS. Colombia: Universidad Técnica de Colombia.*
- Díaz A. y Ramírez J. (2009) Compendio de rocas minerales industriales en el Perú, Boletín n° 19 serie B Geología económica. INGEMMET, Lima - Perú.
- DIRECCION GENERAL DE MINERIA DEL MEM 99 – 2007 INGEMMET.
- ESTRATEGIAS DE DESARROLLO PARA LA EMPRESA CAL DEL CENTRO S.A.C." Magíster en Administración de Empresas Presentada por Sra. Yovanni Patricia Bautista Antón Sr. Miguel Ángel Mendoza Rojas Asesor: Asesor José Díaz Ismodes 2015 pag 54.

- Hernández Sampieri R. (2010). Metodología de la Investigación. Escuela Superior de Comercio y Administración Instituto Politécnico Nacional y Annenberg School for Communication. University of Pennsylvania. USA.
- Hernández Sampieri R. (2019). Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Mc Graw Hill Interamericana Editores SA. México
- Lhoist, Hippolyte Dumond, (1963) fabricación de Cal, Bélgica.
- Lorenz W. y Gwosdz W. (2004) Especificaciones mínimas para cemento Portland.
- Lorenz W. y Gwosdz W. (2004) Manual para la evaluación técnica – geológica de recursos minerales en construcción.
- Manchego E. (2017) Departamento de Estudios Económicos Scotian Bank. Reporte económico financiero del Banco Central de Reserva del Perú.
- Manual de indicadores de mantenimiento. Ing. Richard Gutiérrez Deza “Expertos en seguridad electrónica para empresas” Publicado el 20 abril 2016.
- Metso, Fabricante Especializado en zarandas vibratorias.
- Ministerio de Energía y Minas R.D 110 – 2009 Ampliación de Planta de Cal China Linda. Cajamarca – Perú.
- Patricio Cuadra, Codelco Central Chile, Recuperación de Cobre en flotación.
- Pontífica Universidad Católica del Perú. “Diseño de una Planta móvil de trituración de caliza para una capacidad de 50 Ton. /Hora.” Bachiller: URDAY PEÑA, DIEGO ALONSO MANUEL ASESOR: Dr. Luis Orlando Cotaquispe Zevallos Lima, Noviembre del 2013
- Vicuña S. (2002). Lixiviación de oro en pilas, método de recuperación. Yanacocha S.R.L.

ANEXOS

REPORTES DE PRODUCCIÓN DE OXIDO DE CALCIO

Reportes de Producción de Oxido de calcio (CaO) antes de implementar las mejoras

PROCESOS	FORMATO: Control de Piso de los Hornos				Código: PCL-IP02-F01 Versión 3.0 (En revisión) Fecha de publicación: 06 Febrero 2012			
Supervisor					Fecha	12/12/10		
Op. Cuarto de Control					Guardia			
					Turno	Día		
	Chancado	Molienda	Almacén por turno		Temperatura del shell Canal (°C)			
Tiempo op(hr):	7.0	6.0	Nivel stock pile	60%		Cuba 01	Cuba 02	
Producción(tn):	780.0	45.0	Nivel silo gruesos	30%	Hora(H1):	10:00		
			Nivel silo de finos	10%	Pto 1	100	98	
Producción por turno	H1	H2	Volquetes	2	Pto 2	89	78	
Total de Caliza(tn)	103.8	42.5	Bombonas	2	Pto 3	102	103	
Total de Cal (tn)	60	25	TK 1	50.0%	Hora(H2):	11:00		
Total Combustible(Kg)	5190	1560	TK 2	30.0%	Pto 1	83	78	
Despacho de Cal	Volquetes	Bombonas	TK 3	8.0%	Pto 2	67	72	
TN	36.00	54.00	TK 4	20.0%	Pto 3	60	78	
Total(TN)	90.00				T° de Shell de Lanzas H2 (°C)	Pto1	Pto2	Pto3
Calidad de Caliza	%CaCO3	%MgCO3			Cuba 1	267	280	230
Faja 5	103.5	-			Cuba 2	189	210	200
Faja 11	42.5							
Calidad de Cal	%CaO	%MgO	%LOI	Re. Hum	Re. Seco	% - # 100		
H1	70%	2.4	4.25		40%	50%		
H2	72.50%	2.2	4.12		45%	no se muele		
Paradas Homo								
	Inicio	Final	Tiempo(hm)	Motivo	Acción Correctiva			
Horno 1	07:00		00:00					
			00:00					
			00:00					
			00:00					
			00:00					
		00:00						
Horno 2	07:00		00:00					
			00:00					
			00:00					
			00:00					
			00:00					
		00:00						
	Tiempo total		00:00					

Fuente: Planta de Cal de la Empresa Minera en estudio.

Reportes de Producción de Oxido de calcio (CaO) después de implementar las mejoras

PROCESOS		FORMATO: Control de Piso de los Hornos				Código: PCL-MF02-F01 Versión 3.0 En revisión Fecha de publicación: 06 Febrero 2012		
Supervisor				Fecha		05/05/17		
Op. Cuarto de Control				Guardia		D		
				Tumo		Dia		
	Chancaado	Molienda	Almacén por turno		Temperatura del shell Canal (°C)			
Tiempo op(hr):	8.0	9.0	Nivel stock pile		75%	Cuba 01		Cuba 02
Producción(tn):	850.0	63.0	Nivel silo gruesos		10%	Hora(H1): 10:00		
			Nivel silo de finos		cono	Pto 1	96	88
Producción por turno	H1	H2	Volquetes		2	Pto 2	101	89
Total de Caliza(tn)	154	42.5	Bombonas		2	Pto 3	105	105
Total de Cal (tn)	90	25	TK 1		93.4%	Hora(H2): 11:00		
Total Combustible(Kg)	7080	1560	TK 2		46.0%	Pto 1	82	82
Despacho de Cal	Volquetes	Bombonas	TK 3		7.8%	Pto 2	70	74
TN	36.00	54.00	TK 4		25.8%	Pto 3	65	80
Total(TN)	90.00				T° de Shell de Lanzas H2 (°C)	Pto1	Pto2	Pto3
Calidad de Caliza	%CaCO3	%MgCO3			Cuba 1	205	214	200
Faja 5	154	-			Cuba 2	178	192	189
Faja 11	42.5							
Calidad de Cal	%CaO	%MgO	%LOI	Re. Hum	Re. Seco	% -# 100		
H1	76%	2.3	2.4		32%	55%		
H2	70.20%	2.3	4.45		40%	no se muele		
Paradas Homo								
	Inicio	Final	Tiempo(h:m)	Motivo			Acción Correctiva	
Horno 1	07:00	10:35	03:35	tolva de cal plena			se desatora	
			00:00					
	13:26	13:49	00:23	falla de piston en drawers			se activa piston hidraulico	
			00:00					
			00:00					
	03:58							
Horno 2	08:45	12:07	03:22					
			00:00					
			00:00					
	16:32	19:00	02:28					
			00:00					
	Tiempo total		05:50					

FOTOS



Foto 1: caliza de cantera antes de ser triturada en tolva de gruesos.



Foto 2. Tolva de gruesos. Se observa en el piso la parrilla de 12” con vigas estáticas.



Foto 3: Chancadora de mandíbulas Jaw Master 1206



Foto 4: Zaranda 5' x 10' con mallas de 3 pisos para clasificar caliza



Foto 5: Stock pile de caliza para horno 01 (estructura a la derecha)



Foto 6: Caliza con granulometría menor a 1” utilizada como ripio para carretera.



Foto 7: Faja transportadora 04 (Dentro del túnel de ingreso debajo del stock pile)



Foto 8: Bombas de combustible del horno 02 luego del cambio de ubicación (al centro)



Foto 9: Quemadores del horno 01



Foto 10: Compuertas hidráulicas horno 02



Foto 11: Sopladores volumétricos para aire de combustión horno 02