

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**AHORRO DE ENERGIA ELÉCTRICA EN EL
SECTOR MINERO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

RONALD ANGEL HERRERA MENDOZA

PROMOCIÓN

1995 - I

LIMA – PERÚ

2011

AHORRO DE ENERGIA ELÉCTRICA EN EL SECTOR MINERO

DEDICADO:

A mis padres, hermanos, en especial a
Cecilia mi maravillosa esposa, y a mi
pequeña Jhoselyn la niña de mis ojos.

SUMARIO

El presente informe, muestra la aplicación de la metodología de Ahorro Energético en una empresa del sector minero, así también los resultados esperados para lograr un beneficio que representa la reducción de costos, mediante la aplicación de técnicas del Uso Eficiente de la Energía.

Ante la coyuntura actual relacionada con la incertidumbre acerca del incremento de precios del petróleo, es una señal clara para que las empresas y no sólo del sector minero, apuesten por desarrollar programas de Uso Eficiente de la Energía, que conduzca un beneficio a nivel empresarial y social, a fin de proteger reservas estratégicas de los recursos energéticos y establecer cambios oportunos en la matriz energética del país orientados al desarrollo sostenible en armonía con el medio ambiente.

El presente informe, espero sirva como base ó guía para incentivar a las empresas mineras y a profesionales inmersos en el tema de Ahorro Energético, para desarrollar programas de ahorro de energía, que al final resulte un beneficio desde el punto de vista económico y social, como se mencionó anteriormente.

ÍNDICE

PROLOGO	1
CAPÍTULO I	2
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivo Principal	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Importancia o Justificación del Informe	3
1.4 Método de Trabajo	3
1.5 Estructura del informe	3
CAPÍTULO II	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.1 Descripción del Problema	5
2.1.1 Problemas Administrativos	5
2.1.2 Problemas Técnicos	5
CAPÍTULO III	8
MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA	8
3.1 Antecedentes	8
3.2 Normatividad	9
3.3 Proceso Productivo de una Minera Metálica	9
3.4 Metodología para Uso Eficiente de la Energía	11
3.4.1 Fuentes de Energía de una Minera Metálica	12
3.4.2 Identificación de Equipos Consumidores de Energía	12
3.4.3 Oportunidad de Mejoramiento y Optimización	12
3.4.4 Diagnóstico Energético	17
3.4.5 Formación de un Programa de Uso Eficiente de Energía (PUEE)	18
3.4.6 Formación un Comité de Uso Eficiente de la Energía (CUEE)	23
3.4.7 Evaluación de un Programa de Uso Eficiente de la Energía (PUEE)	24
3.4.8 Conociendo las Facturaciones por Tipo de Energía	25
CAPÍTULO IV	28
APLICACIÓN DE METODOLOGÍA Y RESULTADOS	28
4.1 Objetivo	28
4.2 Descripción General de la Mina	28

4.3	Contrato y Compra de Energía	29
4.3.1	Costo Promedio de Compra de Energía (CPCE)	32
4.3.2	Incidencia del Cargo de Potencia en la Facturación Total	32
4.4	Desarrollo de Actividades	34
4.4.1	Período y cronograma de mediciones eléctricas	34
4.4.2	Auditoría Energética	34
4.4.3	Evaluación de Motores	34
4.4.4	Evaluación de la Iluminación	35
4.5	Suministro y Consumo de Energía	35
4.5.1	Suministros de Energía Eléctrica	35
4.5.2	Sistema de Transmisión	35
4.5.3	Sistema de Distribución	35
4.5.4	Estadísticas de Consumo de Energía y Potencia	36
4.6	Análisis Energéticos de las Instalaciones	38
4.6.1	Consumo de Energía y Máxima Demanda de la Mina	39
4.6.2	Salidas principales de la S.E. Única	40
4.7	Distribución de Consumos de Potencia y Energía por Planta	40
4.7.1	Distribución de potencia por circuitos	41
4.7.2	Distribución de Potencia por Celdas	42
4.7.3	Distribución de Energía (1 mes)	42
4.7.4	Distribución de Energía por Celdas	43
4.8	Propuestas Mejoras y Oportunidad de Reducción de Costos	44
4.8.1	Sistema de Control de la Máxima Demanda	44
4.8.2	Control de cargas en Horas de Punta (Desplazamiento de cargas)	51
4.8.3	Desconexión de un Compensador Síncrono (CS) en la Barra de 23 kV	53
4.8.4	Regulación de Tensión en Campamentos	53
4.8.5	Control de las horas de operación del sistema de ventilación	54
4.8.6	Control de Operación de Calefactores Radiantes	55
4.8.7	Reconexión de instalaciones eléctricas	56
4.8.8	Disminución de la presión de aire en compresoras	58
4.8.9	Mejoras en el Sistema de Iluminación	59
4.8.10	Implementación de Timmer en las Termas de campamentos	66
4.9	Resultados	66
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
	BIBLIOGRAFÍA	71

PROLOGO

El presente informe, describe la metodología y aplicación de técnicas de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica a una industria del sector minero metálica, se analiza problemas y/o deficiencias del uso de energía dentro de la mina, se plantea oportunidades de mejora y reducción de costos. El informe consta de cuatro Capítulos, el Capítulo I corresponde a la introducción, indicándose los objetivos, importancia del informe y método de trabajo, el Capítulo II describe los antecedentes de la problemática, deficiencias en el uso eficiente de la energía, y los objetivos del presente informe, el Capítulo III describe al marco teórico, uso eficiente de la energía, normatividad relacionada al ahorro de energía, metodología a utilizar para uso eficiente de la energía y la descripción del proceso de trabajo dentro de una planta minera, el Capítulo IV hace una breve descripción de las instalaciones de una empresa minera metálica tomada como referencia para la aplicación de la metodología del Uso Eficiente de la Energía, y finalmente las propuestas de mejoras y oportunidad de reducción de costos.

Agradezco a los docentes, del Programa de Titulación Profesional, de la Universidad Nacional de Ingeniería forjadora de grandes ingenieros, en especial a la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, y a los profesionales de diversas consultorías en las que labore, sin duda alguna todos ellos me han apoyado y servido como guía para tomar la decisión en preparar el presente informe.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La minería en el Perú juega un papel preponderante, ya que genera divisas y constituye ejes de desarrollo social gracias al Canon Minero, generando empleo a profesionales y sobre todo a la gente que vive en las localidades circundantes al centro minero.

El consumo de energía en el sector de Minería en el año 2007 ha sido 6 442 049 MWh. (fuente: MEM-DGE).

En el caso del sector minero metálico en Perú, se han observado potenciales de ahorro en facturación que oscilan entre 2% - 10% en energía eléctrica.

Es importante anotar que estos rangos son referenciales y varían de acuerdo al tamaño de la instalación, las características del proceso, y a la política de gestión de energía en la mina.

Existen oportunidades de ahorro de energía que involucran retornos de inversión entre 1 y 5 años.

Bajo las perspectivas mencionadas, el presente informe, trata sobre la metodología aplicada para reducir costos, aplicando técnicas de uso eficiente de la energía dentro de una empresa minera

1.1 Objetivo Principal

Desarrollar un estudio de auditoría energética en las instalaciones eléctricas de una industria del sector minero, con la finalidad de identificar, analizar y plantear las mejoras a realizar en las instalaciones eléctricas, orientadas a reducir los consumos de energía y costos operativos.

1.2 Objetivos Específicos

Efectuar un diagnóstico integral de las instalaciones eléctricas y determinar a través de un balance detallado, los consumos de energía y demanda de potencia por circuitos alimentadores (sistema de fuerza y sistema de alumbrado), a fin de determinar los porcentajes de energía y la incidencia que tienen cada circuito alimentador en el diagrama de carga total. Formar un Comité que vele por el cumplimiento del Programa de Uso Eficiente de la Energía. Identificar los potenciales de ahorro de energía eléctrica en la empresa, principalmente en los equipos de fuerza (motores, electrobombas, transformadores) y en los sistemas de iluminación.

Efectuar el levantamiento de la información de cargas o equipos consumidores de energía eléctrica.

Evaluar el estado físico operativo de las instalaciones eléctricas a fin de optimizar y garantizar un suministro adecuado.

Preparar un plan de acción de mejoras de corto y mediano plazo en las que se involucrará lo concerniente a innovaciones tecnológicas a realizar en el sistema de alumbrado de las instalaciones y otros, con el propósito de reducir los consumos y costos en energéticos.

En base a los diagramas de carga, máxima demanda y energía activa obtenida en horas punta y fuera de punta, se verificará mediante análisis tarifario las diversas opciones que la Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento Decreto Ley 25844^{1/} dispone; la tarifa recomendada será la que presente menores costos a la empresa.

1.3 Importancia o Justificación del Informe

El presente informe, servirá como guía para las empresas mineras, cuyos representantes estén convencidos de que su correcta aplicación redundará en beneficios económicos para la empresa, en sí, el verdadero éxito del ahorro de energía, depende de un trabajo conjunto entre Especialistas y la parte Gerencial de la empresa.

El presente informe, es de gran importancia también, desde el punto de vista de protección al medio ambiente, y protección de reservas de recursos energéticos, no olvidar que por la producción de cada kW se emite al medio ambiente 1,2 kg de CO₂. Según Protocolo de Kyoto el 90% de CO₂ corresponde al uso de energía.

Por lo tanto, la aplicación del ahorro de energía en general, ayuda a la reducción de los gases de efecto invernadero.

1.4 Método de Trabajo

El presente informe, describe la metodología y aplicación de procedimientos de Ahorro Energético, así también los resultados esperados para lograr un beneficio que representa la reducción de costos, mediante la aplicación de técnicas del Uso Eficiente de la Energía, se analiza problemas y/o deficiencias del uso de energía, dentro de una planta minera y plantea oportunidades y mejoramiento de optimización.

1.5 Estructura del Informe

El informe se ha dividido por Capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: En este capítulo se hace una introducción al presente informe, indicándose los objetivos, importancia del informe, método de trabajo y estructura del informe.

Capítulo II: Se especifican los antecedentes de la problemática, deficiencias en el uso eficiente de la energía eléctrica, y los objetivos que se pretende lograr con el presente informe.

Capítulo III: Se describe al marco teórico, uso eficiente de la energía, normatividad relacionada al ahorro de energía, metodología a utilizar para uso eficiente de la energía y la descripción del proceso de trabajo dentro de una planta minera.

Capítulo IV: Se describe el objetivo del presente capítulo, una breve descripción de las instalaciones de una empresa minera metálica tomada como referencia para la aplicación de la metodología del Uso Eficiente de la Energía, así también las diferentes etapas durante la ejecución de las técnicas de ahorro de energía y finalmente las propuestas de mejoras y oportunidad de reducción de costos.

Por último se detalla las conclusiones y recomendaciones del presente informe.

Asimismo, se muestra la bibliografía, que sirvieron de referencia para el desarrollo del presente informe.

CAPÍTULO II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del Problema

Actualmente las empresas mineras trabajan de manera continua y aceleradamente, en ese trajín, no preveen o restan importancia el ahorro de energía, sin embargo, no escapa de su conocimiento la Ley N° 27345 Promoción del Uso Eficiente de la Energía^{2/}, y que finalmente toda empresa minera deberá tomar conciencia para buscar un equilibrio entre la conservación de medio ambiente y el desarrollo económico y social, donde prima su participación fundamentalmente.

El presente informe, trata sobre la reducción de costos desde el punto de vista de aplicación de una metodología para uso eficiente de la energía dentro de una planta minera, y es, en este sentido que a continuación mostramos aspectos del porqué no se desarrolla e incentiva el ahorro de energía, dentro de una planta minera:

2.1.1 Problemas Administrativos

- Desconocimiento de sus propias instalaciones.
- Desconocimiento de técnicas modernas para uso eficiente de la energía.
- Incertidumbre de la rentabilidad sobre la inversión y mejora.
- Carencia de Especialistas en Auditoría Energética dentro de la minera.

2.1.2 Problemas Técnicos

Dentro de los problemas técnicos, se presenta el uso inadecuado de la energía como producto de malos hábitos, los cuales incluyen aspectos relacionados con Motores, Bombas, Compresores, Iluminación y Sistema Eléctrico, que a continuación se detallan:

Motores

- Se mantienen encendidos algunos motores operando en vacío en las áreas productivas.
- Se arrancan varios motores al mismo tiempo ocasionando elevados picos de demanda.
- Se intercambian motores en el proceso productivo ocasionando que algunos resulten operando con bajo factor de carga, en condiciones distintas a las nominales.
- Se reparan motores sin llevar un registro apropiado, lo cual contribuye a incrementar la incertidumbre acerca de las pérdidas en eficiencia que la unidad tiene acumulada.

Bombas

- Se operan las bombas en condiciones de caudal y altura de presión distintas a las establecidas por el diseño original del sistema.
- Se operan las bombas en forma estrangulada para condiciones de carga parcial.
- Se operan bombas en serie y paralelo para atender cargas parciales.
- Se utiliza una sola bomba de gran capacidad para atender todo el proceso.
- Se intercambia las bombas en diferentes partes de la planta sin considerar las características del proceso.
- Se incrementa la presión de las bombas en lugar de reducir fugas en las tuberías o válvulas.

Compresores

- Se utiliza el aire comprimido para fines no productivos (limpieza, aire fresco, etc.).
- Se eleva la presión de operación del compresor en lugar de reparar múltiples fugas en la línea de distribución.
- Se operan los compresores en forma desordenada en lugar de instalar un tanque pulmón.
- Se ubica la admisión de aire al compresor cerca de fuentes de calor.
- Se utiliza compresores para aplicaciones que requieren poca presión.
- Se utiliza el compresor en forma continua aun cuando el proceso no lo requiera.

Iluminación

- Se mantienen encendidas las lámparas durante horas de descanso del personal o periodos no productivos.
- Se mantienen encendidas las lámparas en las zonas de almacenes sin personal en el interior.
- Se encienden todas las lámparas de varias áreas con un solo interruptor.
- Se colocan las lámparas fluorescentes a gran altura desde donde la iluminación no es efectiva.
- Se encienden todas las lámparas para efectuar tareas de mantenimiento o limpieza en horarios no productivos.
- Se sobre ilumina innecesariamente algunas áreas.
- No se retiran las lámparas quemadas de las luminarias, ocasionando un consumo innecesario de energía (reactor).
- No se retiran las lámparas defectuosas de las luminarias, ocasionando un consumo innecesario de energía (reactor y lámpara).
- Los ambientes no se adecuan con ventanas de ingresos de luz natural.

Sistema Eléctrico

- No se modula la carga, se trabaja dentro de las horas punta (18:00 a 23:00 horas) cuando la actividad en cuestión, se puede correr fuera de estas horas.
- Existe consumo de energía reactiva, no se revisa el correcto funcionamiento de los bancos de compensación o no se tiene compensación de la energía reactiva.
- Falta de diagramas unifilares o no se actualizan.
- No se controla la máxima demanda en horas de punta o pico.
- Se tiene transformadores operando con baja carga o sobrecargados.
- Se mantienen equipos obsoletos que ocasionan gran consumo de energía.
- Se observa un crecimiento desordenado del sistema eléctrico de la planta como producto de la exigencia del proceso.
- Se utilizan conductores con muchos años de antigüedad que presentan recalentamiento, pérdidas de aislamiento y por ende fugas de corriente.
- No se controla la calidad de la energía en la planta.

Nota: Las horas de pico no necesariamente suceden en las horas de punta.

CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

3.1 Antecedentes

La energía, en todas sus formas, es un recurso esencial de la sociedad moderna, tanto para la actividad técnica como económico.

Nuestra calidad de vida depende ampliamente de la energía. Abastecer en cantidad suficiente un suministro de energía a los ciudadanos y al sector económico, es uno de los objetivos estratégicos perseguido por la mayoría de los países.

La magnitud de la energía consumida por un país es un indicador del nivel de vida de sus habitantes y además del valor de su Producto Bruto Interno, hoy en día, un país subdesarrollado utiliza en promedio 0,5 kW por persona y un país desarrollado de 5 a 10 kW, la tarea de planificar el suministro de energía y enfrentar el crecimiento del consumo tiene dificultades, dada las limitaciones de los recursos renovables, en este afán se deben desarrollar métodos que permitan el uso eficiente de la energía, tal como se viene promocionando a través del MEM.

En la actualidad, en los países industrializados se goza de un alto nivel de suministro de energía y se prevé un crecimiento considerable en la mayoría de los países en desarrollo o en transición.

Alcanzar estos objetivos nacionales de disponibilidad de energía está íntimamente ligado a nuestra capacidad de realizar, en el contexto propio de cada país, un desarrollo económico equilibrado o mantener igualmente el nivel de vida ya alcanzado.

Además, la disponibilidad de servicios puede aumentar o interpretarse reduciendo el nivel de energía requerido para conseguir los mismos servicios sin que por ello disminuya la calidad de los mismos, valiéndose simplemente de la manera acertada de utilizar las tecnologías de eficiencia energética.

Existen diversas maneras de alcanzar una utilización energética racional y eficiente, este resultado se obtiene en la mayoría de los casos combinando estas tecnologías.

Además de permitir acelerar el crecimiento de los servicios de suministro de energía a los ciudadanos, la industria, el comercio y las instituciones, la eficiencia energética debe formar parte explícitamente y constituir un elemento esencial en toda política de desarrollo nacional.

Así la eficiencia energética puede y debe verse como un recurso energético en sí misma, en el sentido que permite un mejor aprovechamiento de los recursos. Como recurso requiere poco capital y toma en consideración las restricciones ambientales.

3.2 Normatividad

Con fecha 8 de septiembre del año 2000, se promulgó la Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía Ley N° 27345, en donde se fomenta el uso eficiente de la energía para asegurar el suministro de energía, protege al consumidor, promueve la competitividad y reduce el impacto ambiental. Además señala las facultades que tiene las autoridades competentes para cumplir con este objetivo.

El 23 de octubre del 2007, a través del Decreto Supremo N° 053-2007-EM ^{/3/}, se emite el Reglamento de la Ley, en la cual se formula las disposiciones para promover el Uso Eficiente de la Energía en el país ^{/4/}.

En las mencionadas disposiciones, el Ministerio de Energía y Minas juega un rol importante en muchos aspectos, entre ellas se encuentra:

- Formación de una cultura de uso eficiente de la energía, orientada al empleo racional de los recursos energéticos.
- Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía UEE y de Diagnóstico Energético ^{/5/}.
- Promover la mayor transparencia del mercado de la energía, mediante el diagnóstico permanente de la problemática de la eficiencia energética y de la formulación y ejecución de los programas, divulgando los procesos, tecnologías y sistemas informativos compatibles con el UEE.
- Diseñar, auspiciar, coordinar y ejecutar programas y proyectos de cooperación internacional para el desarrollo del UEE
- Promover la constitución de empresas de servicios energéticos, así como la asistencia técnica a instituciones públicas y privadas, y la concertación con organizaciones de consumidores y entidades empresariales.
- Coordinar con los demás sectores y las entidades públicas y privadas el desarrollo de políticas de uso eficiente de la energía.
- Promover el consumo eficiente de energéticos en zonas aisladas y remotas.
- Crear conciencia en las grandes empresas para que apuesten por el uso eficiente de energía.

3.3 Proceso Productivo de una Minera Metálica

Antes de proceder a describir la metodología empleada para el UEE, debemos entender el proceso productivo de la empresa, que en este caso se trata de una minera de extracción de metales del tipo tajo abierto.

Una minera metálica típica, se compone de dos grandes grupos como son: Mina y Planta Concentradora.

a) Mina

El proceso se inicia con la extracción de mineral de todas las minas que conforman el yacimiento minero. Para la extracción se necesita: compresoras de aire, ventiladores, extractores, scoops y jumbos. El mineral es transportado desde las minas a través de locomotoras eléctricas, camiones y carros mineros hasta la cancha de gruesos (Planta concentradora); en esta planta de la mina, se disponen de un equipo neumático que se utiliza para fragmentar las rocas grandes de mineral.

b) Planta Concentradora

El mineral que llega a la planta concentradora es procesado en las secciones de: Chancado primario y secundario, Molienda, Remolienda, Flotación, Espesadores y Filtros, que tienen como objetivo separar los minerales (Ejemplo: oro, zinc, plomo, cobre, etc) de otros minerales no deseados que constituyen el relave, los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos que alteran el medio ambiente, por lo que deben ser transportados y almacenados en "tanques o pozas de relaves" donde lentamente los contaminantes se van decantando en el fondo y el agua es recuperada o evaporada.

Dentro la planta concentradora vemos:

Sección de Chancado

Se encarga de reducir el tamaño del mineral, y puede tener: Chancado primario, secundario y terciario. El mineral más reducido es separado por zarandas y es transportado hacia las tolvas de finos.

Sección de Molienda

El mineral que ha pasado por la sección de chancado, se transporta hacia los molinos de bolas para reducir más el tamaño del mineral (pulpa).

La pulpa de mineral, se envía mediante bombas a los ciclones, a partir de este ciclón se hace la separación del mineral, el más grueso vuelve a molienda y el otro a la sección de flotación.

Sección de Flotación

El fino y el que se deriva del ciclón se envía a unas celdas; entonces, el mineral es limpiado (1°, 2°, 3° limpieza), espesado, filtrado y/o acondicionado hasta obtener un concentrado.

El concentrado se apila y está listo para su despacho, luego de ello, los concentrados pueden ser transportados por el minero ducto hacia Puerto Minero listo para su embarque.

En la figura N° 3.1, se muestra el esquema básico del proceso productivo de una planta minera metálica.

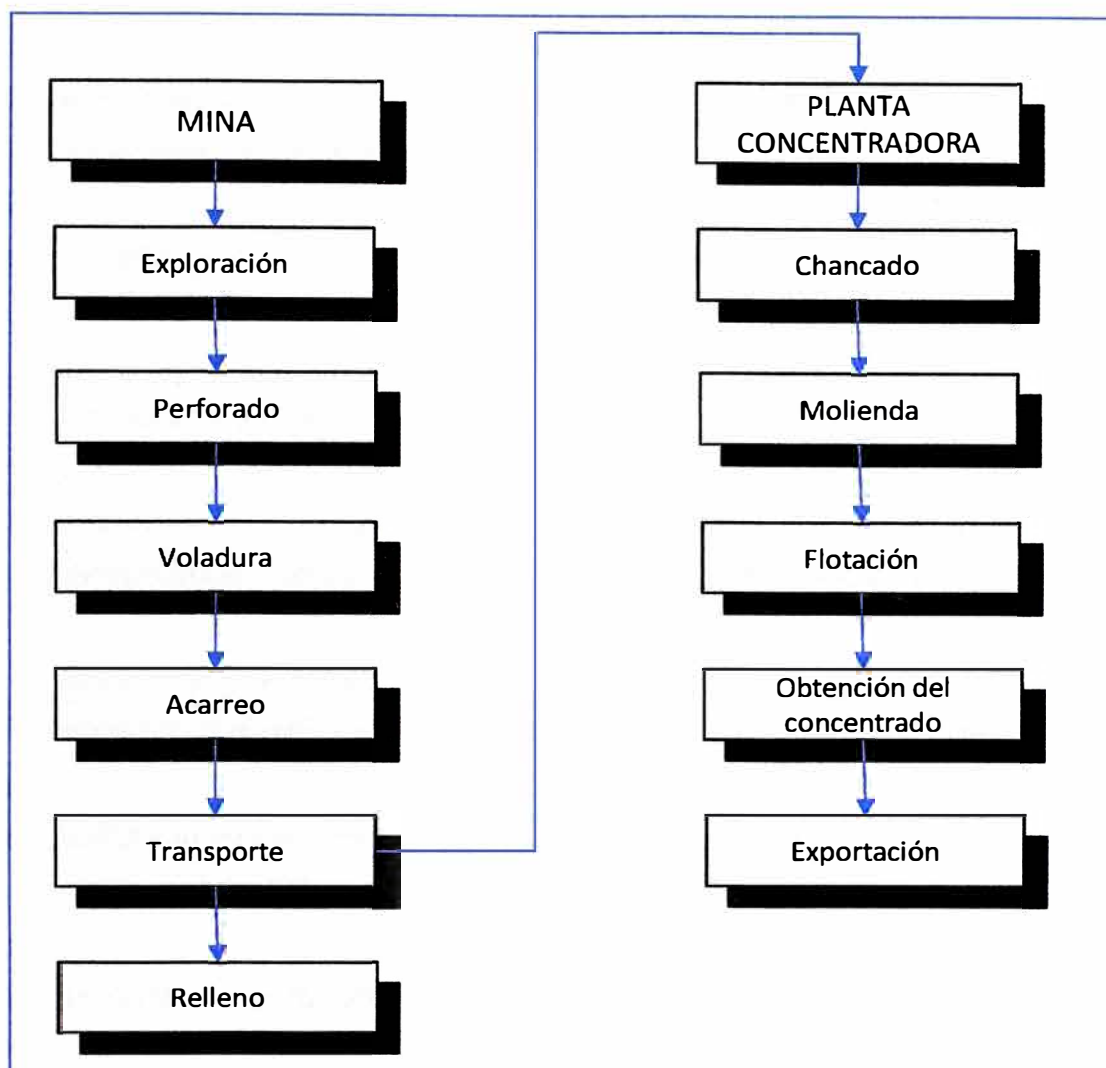


Fig. N° 3.1. Proceso Productivo Minera Metálica

3.4 Metodología para Uso Eficiente de la Energía

El análisis y diagnóstico energético de línea base captura y describe el estado del sistema energético en el momento de su desarrollo.

Es importante anotar que existen servicios con características dinámicas que pueden producir variaciones en el diagnóstico dependiendo del momento de su elaboración.

Lo importante es que el diagnóstico establezca una línea base contra la cual se deberán evaluar los efectos e impactos de posibles mejoras a proponer e implementar.

El establecimiento de la línea de base permite evaluar el impacto de las recomendaciones asociadas con buenas prácticas de mínima inversión y mejoras tecnológicas con grado de inversión orientadas a reducir costos de operación y mejorar la calidad del servicio.

La línea base deberá estar expresada en forma cuantitativa y ser consistente con la situación real del sistema energético a efectos de comparación en un período determinado. Esto resulta de particular importancia para análisis relacionados con protocolos de medición y verificación en proyectos de uso eficiente de la energía que son financiados a través de mecanismos de contrato por desempeño.

Existen procedimientos y pasos a seguir para una eficiente ejecución de auditoría energética y uso eficiente de la energía, a continuación detallamos los siguientes puntos a tener en cuenta:

- ✓ Fuentes de Energía en una minera Metálica
- ✓ Identificación de Equipos Consumidores de Energía
- ✓ Oportunidad de Mejoramiento y Optimización
- ✓ Diagnóstico Energético
- ✓ Formación de un Programa de Uso Eficiente de Energía (PUEE)
- ✓ Formación un Comité de Uso Eficiente de la Energía (CUEE)
- ✓ Evaluación de un Programa de Uso Eficiente de la Energía (PUEE)
- ✓ Conociendo las facturaciones por Tipo de Energía

3.4.1 Fuentes de Energía de una Minera Metálica

En una Minera metálica se utiliza electricidad como fuente de energía para su adecuado funcionamiento y prestación de servicios.

3.4.2 Identificación de Equipos Consumidores de Energía

Determinar é identificar los equipos de acuerdo al consumo total de energía eléctrica. Cuanto representa en porcentaje de participación cada equipo, dentro de mina y planta concentradora, así por ejemplo: mina, planta concentradora, campamento, servicios generales, población. Verificar el porcentaje en las facturaciones mensuales su consumo de electricidad en kWh.

3.4.3 Oportunidad de Mejoramiento y Optimización

En términos de oportunidades de mejoramiento, existen por un lado las buenas prácticas que requieren mínima inversión y, por otro, el reemplazo de equipos que requieren un determinado grado de inversión.

a) Mejoramiento con Buenas Prácticas

Existen buenas prácticas, orientadas al uso eficiente de la energía en una minera metálica y están asociadas a:

Motores

- Evitar arranques en simultáneo que puedan contribuir a elevar la máxima demanda.
- Evitar el uso de motores con bajo factor de carga, alejados de las condiciones.
- Efectuar mantenimiento de los motores según especificaciones del fabricante.

- Evitar arranque frecuentes en un motor.
- Evitar sobre calentamiento y sobretensión del motor.
- Evitar reparar los motores en forma excesiva.
- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los motores. Se mantienen encendidos algunos motores operando en vacío en las áreas productivas.

Bombas

- Evitar utilizar las bombas a carga parcial, en condiciones distintas a las nominales.
- Controlar las horas de operación, en particular durante horas punta.
- Seleccionar una bomba eficiente y operarla cerca de su flujo de diseño.
- Poner particular atención a las bombas en paralelo, adicionar más bombas puede hacer que el sistema total sea progresivamente menos eficiente.
- Minimizar el número de cambios de dirección en la tubería.
- Usar tuberías de baja fricción sobre todo cuando considere renovar las tuberías viejas.
- Comprobar si la presión de la bomba es satisfactoria.
- Programar el mantenimiento oportuno de la bomba.
- En bombas de gran capacidad, es necesario un programa de monitoreo para calcular el tiempo óptimo de renovación.
- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de las bombas.
- Evaluar la reasignación de una bomba a otra ubicación en la planta en donde pueda operar a condiciones cercanas a las nominales.
- Efectuar mantenimiento oportuno según especificaciones del fabricante.

Compresoras

- Controlar la presión y utilizar la mínima requerida por el proceso.
- Usar aire frío externo para la admisión al compresor, de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Evitar operaciones en vacío.
- Controlar las horas de operación, en particular durante el período de horas punta (18:00 a 23:00 h).
- Considerar alternativas para el uso de aire comprimido, como por ejemplo, el uso de herramientas eléctricas en vez de usar las de aire.
- Dimensionar el tamaño del compresor según la demanda, si se necesitan varios compresores usar un controlador.

- Mantener el equipo regularmente, evitando el uso de repuestos de baja calidad.
- Buscar fugas de aire regularmente con un detector ultrasónico y repararlas lo más pronto posible.
- Remover o cerrar permanentemente las tuberías no usadas.
- Verificar las caídas de presión a través de los filtros y reemplazarlos rápidamente sobre todo cuando las caídas son excesivas.
- Evitarla el ingreso de aire húmedo al compresor.
- En ampliaciones o proyectos energéticos nuevos evitar el sobre dimensionamiento de los compresores.

Iluminación

- Limpiar de polvo las lámparas.
- Pintar de color claro las paredes y techos de las áreas de producción y oficinas administrativas.
- Utilizar la luz natural.
- Controlar las horas de operación, en particular en horas punta.
- Apagar las lámparas innecesarias y reducir al mínimo imprescindible la iluminación en exteriores.
- No sobre ilumine áreas innecesariamente, para ello verifique los estándares de iluminación por áreas con un luxómetro.
- Considerar colores claros de mobiliario en las oficinas.
- Separe los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios.

Sistema Eléctrico

- Modulación de la carga, se controla la operación de equipos no imprescindibles en el proceso productivo dentro de las horas punta (18:00 a 23:00 horas).
- Revisar en forma periódica el correcto funcionamiento de los bancos de compensación.
- Seleccionar la ubicación más adecuada del banco de compensación reactiva (Compensación global, parcial e individual).
- Actualizar periódicamente los diagramas unifilares.
- Controlar la máxima demanda en horas de punta o pico.
- Evitar que los transformadores operen con baja carga o sobrecarga.
- Planificar el crecimiento del sistema eléctrico de la planta a medida que lo requiere el proceso productivo.
- Evaluar el cambio de nivel de tensión de baja tensión a media tensión.

- Evaluar si la facturación proviene de la mejor opción tarifaria.
- Si el consumo bordea los 1000 kW evaluar la conveniencia de ser considerado cliente libre o regulado.

b) Mejoras con Inversión

Motores

- Reemplazar motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia o eficiencia Premium.
- Implementar variadores de velocidad en donde lo permita el proceso.
- Utilizar fajas de transmisión de alta eficiencia.
- Mejorar el factor de potencia mediante banco de condensadores individuales.
- En la adquisición de sistemas energéticos nuevos verificar que el motor sea de alta eficiencia.
- En la compra de motores nuevos efectuar la evaluación económica considerando costos de operación durante su vida útil en adición al costo de inversión inicial.
- En la compra de motores nuevos evaluar la incorporación de variadores de velocidad u otros accesorios que permitan ahorrar energía.

Bombas

- Si el sistema está sub-cargado, instalar un impulsor más pequeño o acondicionar el existente.
- Considerar el mejoramiento de la eficiencia de la bomba usando sustancias de baja fricción en las tuberías.
- Implementar variadores de velocidad.
- Utilizar una bomba de menor capacidad para aplicaciones específicas.
- Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite.
- Evaluar el redimensionamiento de tuberías y accesorios para optimizar la operación de la bomba.
- Evaluar el reemplazo del motor de la bomba por un motor de alta eficiencia o eficiencia Premium.

Compresoras

- Considerar la instalación de un compresor pequeño para usarlo durante los períodos de baja demanda.
- Usar el calor residual del compresor para calentar agua para el proceso o alguna área de producción.
- Usar válvulas solenoide para aislar máquinas con probables fugas.
- Disminuir la presión de trabajo en compresoras.

- Utilizar lubricantes sintéticos (se ahorra energía y además se contribuye a proteger al medio ambiente).
- Considerar el uso de ventiladores o sopladores en lugar de aire comprimido para aplicaciones que requieren poca presión
- Utilizar un ducto para captar aire externo más frío para su admisión al compresor
- Evaluar el uso de un motor de alta eficiencia o eficiencia Premium para el compresor.
- Evaluar el uso de un motor de alta eficiencia o eficiencia Premium para el Ventilador.
- Evaluar el uso de fajas de transmisión de alta eficiencia en el ventilador
- Evaluar la instalación de controladores de máxima demanda si el proceso lo permite.
- Utilizar lubricantes sintéticos que permiten reducir consumos de energía y mitigar el impacto ambiental.

Iluminación

- Reemplazar lámparas por unidades más eficientes en áreas de producción y oficinas administrativas.
- Reemplazo de balastos magnéticos por electrónicos.
- Utilización de sensores de ocupación, en particular en áreas de almacenamiento.
- Utilización de lámparas más eficientes.
- Utilizar lámparas halógenas en lugar de vapor de mercurio, en áreas de producción.
- Utilizar lámparas de vapor de sodio en áreas de almacenamiento.
- Utilizar tecnología LED en donde sea posible (Ejemplo, aviso de señalización)
- Utilice "timer" o sensores de luz natural (Luces exteriores)
- Utilice "Dimmers" para reducir la intensidad de luz en periodos cuando se necesite poca luz (limpieza, etc.)

Nota: Los "timer" son dispositivos temporizadores programables y los "dimmer" son dispositivos que reducen el consumo de energía, principalmente de un foco.

Sistema Eléctrico

- Evaluar la instalación de la compensación de energía reactiva (manual o automático).
- Registrar y controlar los consumos de energía en áreas prioritarias del proceso mediante la instalación de equipos de medición.
- Monitorear la calidad de la energía en forma periódica mediante el uso de analizadores de redes.
- No se controla la calidad de la energía en la planta.
- Considerar la implementación de filtros para corregir la distorsión armónica que se tiene en planta debido a la gran cantidad de equipos electrónicos.
- Revisión de equipos eléctricos defectuosos.

- Evaluar la compensación de energía reactiva en transformadores operando con baja carga.
- Evaluar la implementación de una subestación para comprar energía en media tensión.
- Considerar el uso de controladores de máxima demanda, de acuerdo a las características del consumo de energía de la planta y las funciones del controlador.
- Considerar la renovación progresiva de los equipos o cableado obsoletos.

3.4.4 Diagnóstico Energético

El diagnóstico energético tiene por objetivo principal identificar oportunidades de uso eficiente de la energía y establecer una línea base contra la cual se deberán evaluar los beneficios obtenidos como resultado de la implementación de las mejoras y recomendaciones asociadas con las oportunidades identificadas, es decir establecer metas de ahorro de energía, diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía, evaluar técnica y económicamente las medidas y disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción. Existen diagnósticos de diferente profundidad que están en función del tamaño de la minera metálica y a la disponibilidad de recursos para su ejecución.

El diagnóstico energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Este consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuánto no es utilizada óptimamente. Dentro del principal punto a diagnosticar es el recurso energético, es decir el consumo de energía eléctrica.

Las etapas de un Diagnóstico Energético son:

- 1.-Recopilación de Información preliminar.
- 2.-Revisión de la factura eléctrica y compra de combustible.
- 3.-Recorrido de las instalaciones.
- 4.-Campaña de mediciones.
- 5.-Evaluación de registros.
- 6.-Identificación de oportunidades de mejora.
- 7.-Evaluación Técnica-Económica de las mejoras planteadas.
- 8.-Costo de la implementación y retorno de la inversión.
- 9.-Informe de consolidado.
- 10.-Esquema de financiamiento e implementación de mejora.

En la figura N° 3.2, se muestra el Diagrama de Flujo de pasos a seguir para desarrollar un Diagnóstico Energético.

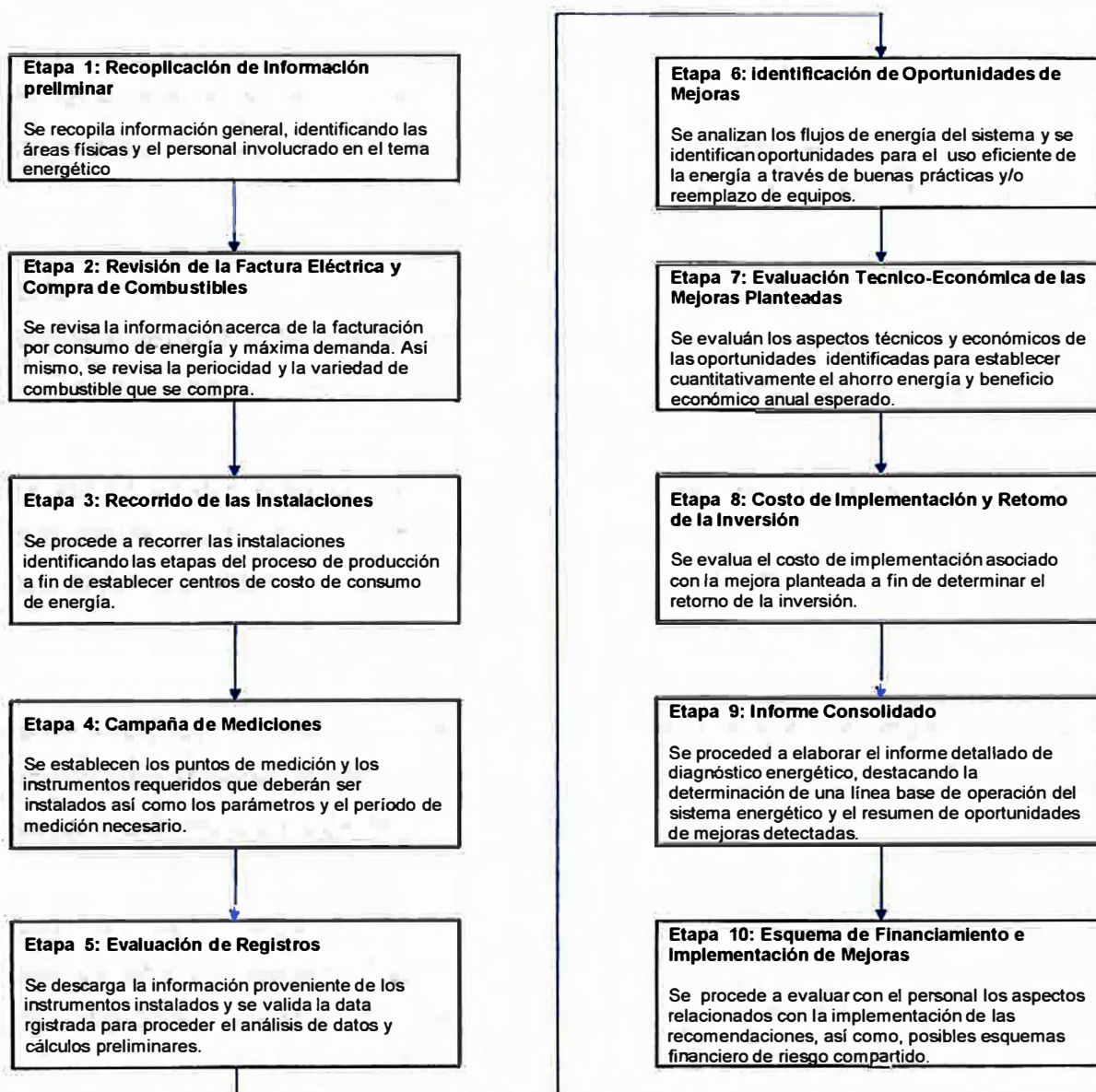


Fig. N° 3.2. Diagrama de Flujo de un Diagnóstico Energético

3.4.5 Formación de un Programa de Uso de Eficiente de Energía (PUEE)

Para este propósito aplicamos el Programa denominado **CICLO DEMING**, en la figura N° 3.3, se muestra gráficamente el Ciclo Deming aplicado al uso eficiente de la energía.

Este Ciclo, está comprendido de 4 fases:

a) Fase I – Planificar

Constituir un comité de energía

La administración de la energía debe ser de interés de toda la compañía. Sin un fuerte, sostenido y apoyo visible de los directivos, el programa de administración de la energía estará condenado al fracaso.

Los empleados sólo entregarán sus mejores esfuerzos cuando vean que sus superiores se comprometen totalmente con el programa. Es crucial que los directivos se unan a la causa y proporcionen apoyo total y participación entusiasta.

Para que el Comité de Uso Eficiente de la Energía (CUEE) este completo, se deberá nombrar un líder, el líder deberá ser un especialista en la materia, quien le dé suficiente fuerza al programa y autoridad para indicarle a los trabajadores que la administración de energía es un compromiso de todos. El líder debe demostrar un alto nivel de entusiasmo y la convicción profunda sobre los beneficios del Programa de Uso Eficiente de la Energía (PUEE).

El lanzamiento del PUEE debe empezar con una fuerte política de apoyo hacia el programa de parte de todo el personal, seguido inmediatamente por una presentación que explique los beneficios del PUEE. Las políticas de energía deben desarrollarse junto a las metas estratégicas de la compañía y de acuerdo con otras políticas (calidad, producción, ambiente, etc.).

La auditoría energética

La auditoría intenta un balance total de la energía ingresada y su uso. La auditoría es la piedra angular del PUEE y necesaria para identificar las oportunidades de ahorro y de administración de la energía; además, determina la situación actual y la base de referencia para mejoras posteriores.

Desarrollo del Programa de Mejoras

Un proyecto exitoso a desarrollar debe incluir lo siguiente:

Un plan de ahorro a largo plazo;

Un plan de ahorro a mediano plazo;

Un plan detallado para el primer año; y

Acciones para mejorar la administración de la energía, incluyendo la implementación de un sistema de monitoreo.

Establecer las Metas y el Sistema de Medición

Lo que se puede medir, se puede controlar. Con frecuencia, sólo se tiene equipos de medición rudimentarios, particularmente en plantas pequeñas. Esto no debe ser un impedimento para empezar un PUEE; siempre que, se puedan añadir más equipos posteriormente con el fin de acelerar el PUEE. De hecho, los éxitos con los proyectos de ahorro de energía proporcionarán la justificación para la adquisición de nuevo equipos.

Desarrollo del plan de acción

Sea específico, un plan de acción es un proyecto de administración y control; éste debe contener la identificación del personal y sus responsabilidades, las tareas específicas, su área y tiempo.

También debe especificar el recurso necesario (los fondos, las personas, el entrenamiento, etc.) y objetivos específicos para los proyectos individuales y su etapas.

b) Fase II – Poner en Práctica

Crear conciencia

Toda la fuerza laboral deberá ser involucrada en el esfuerzo de mejorar la eficiencia energética. Por ello, todos deben ser conscientes de la importancia de reducir los derroches de energía con el fin de conseguir ahorros de energía y beneficios económicos, y a la vez tener beneficios adicionales medioambientales.

Una campaña de sensibilización bien ejecutada debe exaltar el interés personal y la buena voluntad de las personas involucradas. Los empleados involucrados deben saber sus roles y responsabilidades en el esfuerzo de la administración de energía y cómo su propia actuación personal puede influenciar en los resultados finales.

Entrenamiento

Los miembros del CUEE, directivos de área y otros que están involucrados en el PUEE deben recibir un riguroso entrenamiento. Ello podría incluir las prácticas de ahorro de energía pertinentes a los trabajos de estos empleados o técnicas esenciales de monitoreo y medición.

El entrenamiento puede organizarse en dos etapas. La primera fase involucra un entrenamiento específico para los empleados seleccionados. El segundo es una estrategia para integrar el entrenamiento en administración de la energía en la matriz de entrenamiento de la compañía para asegurar un entrenamiento regular.

Implementación de proyectos

La implementación de un proyecto debe involucrar coordinación. Los proyectos por ejecutar deben ser coherentes con las políticas de ahorro de energía, en caso de contemplarse varios proyectos debe considerarse la interacción entre ellos.

Empiece con proyectos que rindan ahorros modestos pero rápidamente asequibles, sobre todo en aquellos proyectos donde se pueden corregir las fuentes obvias de pérdidas de energía detectada en un diagnóstico energético. Los ahorros logrados animarán a que el CUEE busque mayores ahorros en las áreas menos obvias.

Monitoreo del progreso

Con el continuo monitoreo del flujo de la energía en la planta, el CUEE puede recoger mucha información que le ayudará a evaluar el progreso de su programa y planear futuros proyectos. Con los datos registrados se puede hacer lo siguiente:

- Determinar si el progreso se está logrando.
- La administración del uso de energía diaria es la base para hacer correcciones rápidas de las condiciones del proceso que estén causando un excesivo consumo.

- Determinar la tendencia del uso de energía y usar esa información en el proceso del presupuesto.
- Calcular el retorno de la inversión (Ejemplo, el ahorro alcanzado de los datos recogidos por el sistema).
- Proporcionar un refuerzo positivo que ayude a que los empleados no se desanimen en las prácticas de ahorro de energía.
- Comparar los resultados de la implementación de una medida de ahorro de energía e identificar los problemas con el rendimiento del proyecto y así mejorar técnicas para estimar los costos y beneficios de las mejoras en proyectos futuros.
- Rastrear el rendimiento de los proyectos y el cumplimiento de las garantías que hicieron los proveedores.
- Informar sobre las mejoras implementadas con adecuada precisión. Los informes a las jefaturas correspondientes respaldarán al CUEE.
- Trazar las metas futuras y monitorear el progreso hacia las nuevas metas.
- Seleccionar áreas de la empresa donde se deba realizar una auditoría energética detallada.

Estableciendo nuevas metas

Sin la atención vigilante de la administración de energía, las ganancias podrían debilitarse y el esfuerzo podría desintegrarse. Antes de establecer nuevas medidas de ahorro de energía, es necesario que las buenas prácticas se hagan habituales y se logre un desarrollo sostenido.

Si se han cambiado algunas prácticas y procedimientos como resultado de un proyecto, tómese el tiempo y esfuerzo para documentarlo en un procedimiento o instrucción de trabajo (estándar); esto asegurará en el futuro una práctica constante.

Comuniquen los resultados

Este paso es sumamente importante y necesita ser bien ejecutado de modo que se perciba que todos son parte del esfuerzo. Los informes regulares tomados de los datos monitoreados, ánima al personal mostrando que están progresando hacia sus objetivos.

Se deberá poner énfasis en la parte gráfica de los reportes, se debe presentar la representación visual de los resultados - use tablas, diagramas o "termómetros" de cumplimiento, fijados prominentemente dónde las personas puedan verlos.

Celebre el éxito

Esto es a menudo un segmento muy importante, aún descuidado. Las personas piden y valoran un reconocimiento. Existe una cantidad muy grande de modos que pueden ser empleadas para reconocer los logros y la contribución destacada del equipo. Obsequios de Camisetas temáticas, sombreros y otros productos de mercadeo; cenas; picnic;

eventos deportivos; cruceros - las posibilidades son interminables. La celebración del éxito es una herramienta motivadora que también trae el cierre psicológico de un proyecto. El logro de una meta debe celebrarse como un hito en el rumbo de la mejora incesante de la eficiencia energética en la planta.

c) Fase III – Verificar

Revisión de resultados

La administración de energía debe ser un artículo permanente de la agenda de operaciones regulares, así como la calidad, la producción, las materias financieras y medioambientales.

Se revisan los resultados de los proyectos llevados a cabo, se hacen los ajustes, se resuelven los conflictos y se tienen en cuenta las consideraciones financieras.

Verifique la efectividad

¿El proyecto ha copado las expectativas? ¿Realmente fueron efectivos los proyectos implementados?; para apoyar la credibilidad del esfuerzo de la administración de energía, la efectividad de las medidas tomadas deben ser verificadas, si se necesitan ajustes hay que hacerlos y así, los futuros proyectos deben manejarse de mejor modo.

Examine oportunidades para las mejoras continuas

A menudo un proyecto abre la puerta a otras ideas. El programa de mejoramiento de la eficiencia energética es un esfuerzo continuo. El CUEE y todos los empleados deben ser animados a examinar y re-examinar otras oportunidades para obtener más ganancias. Esto es la esencia del mejoramiento continuo que debe promoverse en el interés de cualquier organización. En algunas compañías, es un artículo permanente en la agenda de reuniones del CUEE.

d) Fase IV – Tomar Acción

Corregir las deficiencias

La información obtenida de los datos monitoreados, de la revisión de resultados y de la comprobación de la efectividad de los proyectos puede indicar que acción correctiva es requerida. El líder de la administración de la energía, conjuntamente con los miembros del CUEE y el personal de la área respectiva son los responsable para corregir y mejorar esta acción. La causa de la deficiencia deberá ser determinada e iniciar la acción correctiva y recuerde documentarlo. Los proyectos de eficiencia energética futuros se beneficiarán de las lecciones aprendidas.

Revisar el Plan y actualice el plan de acciones

Revise las políticas de energía, objetivos y metas, el programa de eficiencia energética y los planes de acción. Estos pasos aseguran la continua relevancia y actualización de las políticas de energía, los objetivos y metas apoyan las políticas; cuando ellos cambian en

el tiempo, ellos deberán ser revisados para asegurar que prioridades deben mantenerse, según las condiciones presentes; esta revisión debe realizarse anualmente o semestralmente.

Los programa de eficiencia energética y planes de acción son documentos “vivos”. La frecuente actualización y revisión son necesarias, debido a que la ejecución de proyectos y otros factores cambian las condiciones del negocio.

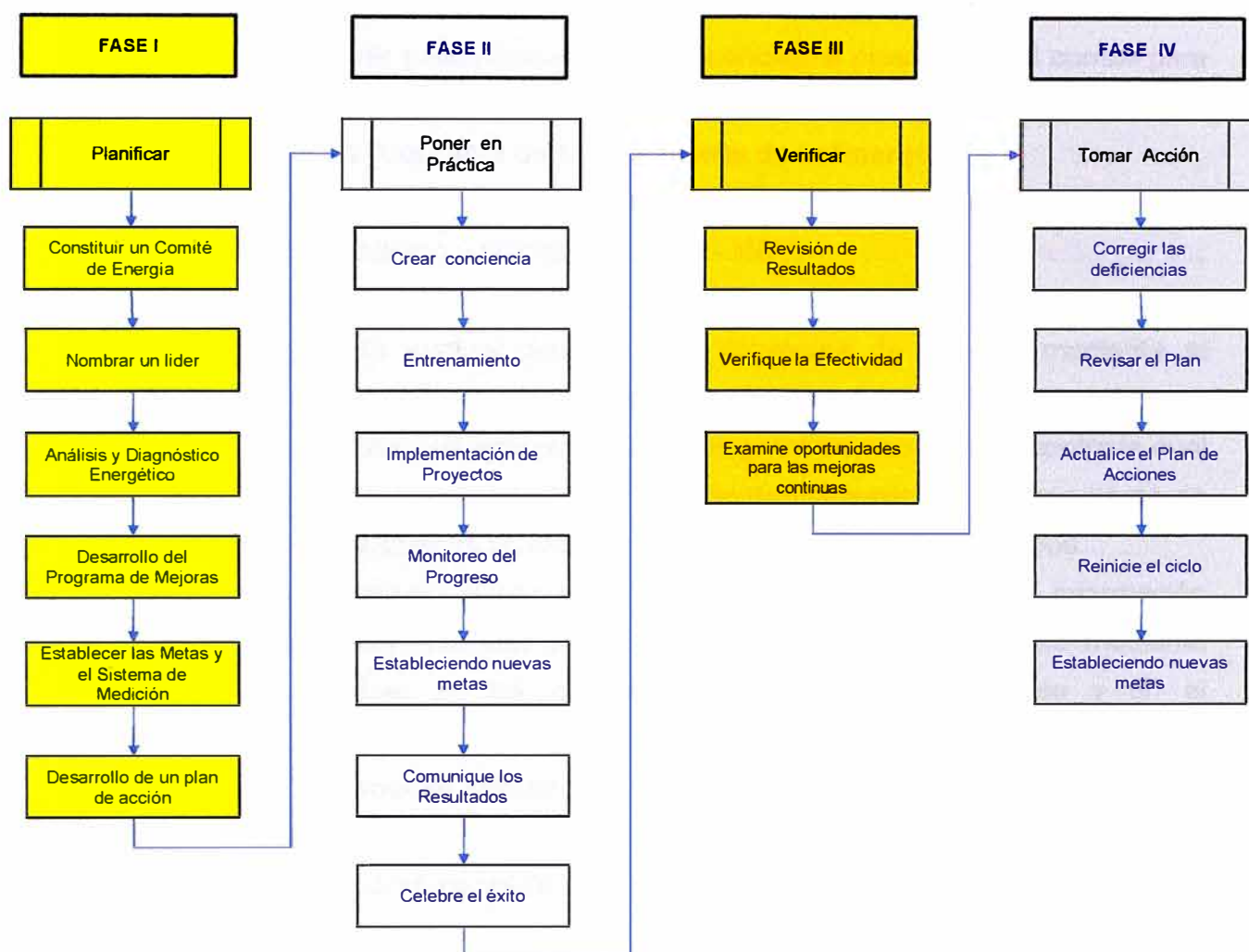


Fig. Nº 3.3. Ciclo Deming y el Uso Eficiente de la Energía

3.4.6 Formación de un Comité de Uso Eficiente de la Energía (CUEE)

A efectos de planeamiento, el comité de uso eficiente de la energía requiere de integrantes con el perfil apropiado y una organización eficaz que permita cumplir funciones y verificar resultados.

Los integrantes del CUEE deberán tener condiciones de liderazgo y deberán estar asociados a la alta gerencia, área financiero y área de producción. En adición, es deseable incluir miembros representativos del área de mantenimiento y de recursos humanos.

El comité deberá ser presidido por un miembro asociado a la alta gerencia y con poder de decisión en la empresa.

Los representantes de las distintas áreas se deberán concentrar en identificar oportunidades para el ahorro de energía en la Minería metálica.

Se deberán sostener reuniones periódicas a fin de promover la participación de todo el personal de la empresa a fin de proponer ideas orientadas al uso eficiente de la energía. Las ideas propuestas por el personal deberán ser procesadas por los representantes de las diferentes áreas a fin de presentarlas en forma concisa al presidente del comité para su evaluación y decisión al respecto.

3.4.7 Evaluación de un Programa de Uso Eficiente de la Energía

Para evaluar la efectividad del programa y los proyectos de uso eficiente de la energía se sugiere un sistema de monitoreo y fijación de metas - M&T.

Monitoreo y fijación de metas (M&T)

El esquema M&T permite evaluar programas y proyectos de energía mediante el seguimiento a la evolución de los patrones de consumo de energía en un Minería metálica, a partir de la línea base establecida en el diagnóstico energético y contra la cual se deberán medir los impactos de la implementación de las recomendaciones, tanto de aquellas asociadas con las buenas prácticas como con el reemplazo de equipos.

Es una técnica de seguimiento al uso eficiente de la energía, que usa la información registrada como base para optimizar el actual nivel del uso de la energía mediante implementación de mejoras en los procedimientos operativos existentes y en el reemplazo de los equipos ineficientes en las diversas áreas de la Minería metálica. Se basa en el principio: "**no puedes administrar lo que no puedes medir**" y esencialmente combina principios del uso eficiente de la energía y la estadística.

Por cada ítem monitoreado se necesita un apropiado indicador contra el cual evaluar el rendimiento. Para tal indicador, se necesita un rendimiento estándar que se deriva de unos datos históricos, considerando los factores externos que pueden afectar la eficiencia significativamente.

Para establecer un estándar se debe tener algunos meses de datos recolectados; las metas se derivan de establecer un estándar y deben representar mejoras en el uso eficiente de la energía.

Elementos del M&T

Los elementos esenciales del sistema M&T son:

- 1 Registro:** Medir y registrar el consumo de energía
- 2 Análisis:** Correlacionar el consumo de energía con el producto de salida, es decir hallar el balance, la comparación.

- 3 **Comparación:** Comparar el consumo de energía antes y después de implementado el proyecto de uso eficiente de la energía.
- 4 **Metas:** Establecer la meta para reducir o controlar el consumo de energía
- 5 **Monitoreo:** Comparar el consumo energía para poner la meta en una base regular
- 6 **Reporte:** Reportar los resultados, incluyendo variaciones de la meta.
- 7 **Control:** Controlar implementando medidas de gestión para corregir cualquier variación que ha ocurrido

3.4.8 Conociendo las Facturaciones por Tipo de Energía

El encargado de vigilar la energía en planta deberá conocer la estructura tarifaria vigente, y deberá estar permanentemente informado de todas las resoluciones que afecten la factura, se pueden lograr grandes ahorros vigilando este concepto.

Para interpretar correctamente una factura y poder valorar, tanto la idoneidad de las características del contrato como la evolución de consumos, es importante conocer la terminología tarifaria y algunos conceptos básicos, los cuales normalmente lo define el OSINERGMIN.

El sistema de tarifas en el Perú, está basado en el libre mercado y en la libre competencia entre suministradores de energía, distinguiendo a los Clientes Libres y a los Clientes Regulados. Las plantas mineras por lo general son clientes libres.

Clientes Libres

Los clientes cuyos consumos en potencia son superiores a los 1 MW son los que pertenecen al mercado libre. Los precios se fijan en una libre negociación de precios y modalidades entre las empresas generadoras ó distribuidoras y el cliente, dentro del marco de la Ley de Concesiones Eléctricas (D.L. 25844).

En condiciones de competencia se ha previsto que los clientes libres sean atendidos ya sea mediante las generadoras o las distribuidoras en competencia por el servicio a brindar, a diciembre del 2007 el 61% de clientes libres eran atendidos por empresas distribuidoras y el resto (39%) por generadoras. Los cargos a acordar pueden ser diversos desde los más sofisticados como los de diferenciación de horario estacional hasta los más simples como un solo cargo por energía.

Recomendaciones para Clientes Libres

En muchas empresas es factible Optimizar el Contrato de Suministro Eléctrico de un cliente libre, para lo cual se debe identificar los aspectos relevantes que lleven a la formulación de una Estrategia de Negociación con las empresas suministradoras, a efectos de identificar alternativas disponibles para la modificación del Contrato de Suministro y mejorar las condiciones contractuales de acuerdo a las expectativas de precios de mercado en su coyuntura actual, asimismo, se debe evaluar la factibilidad de

migrar de Cliente Libre a Cliente Regulado. En la evaluación de los contratos tarifarios se debe considerar los diversos precios medios de electricidad para clientes libres por nivel de tensión y por empresas suministradoras.

A continuación se presenta algunas consideraciones a ser tomadas por la gerencia para la reducción de la factura de energía eléctrica:

- ✓ Renegociación del Contrato, mediante una estrategia adecuada técnico-legal.
- ✓ Compensación Reactiva, para eliminar el pago por energía reactiva mediante la instalación de bancos de condensadores.
- ✓ Reducción de las horas punta de potencia de 5 a 2 horas, existen varios contratos de clientes libres que se benefician con esta cláusula en sus contratos, lo que permite administrar mejor la máxima demanda.
- ✓ Facturación de potencia coincidente con la máxima demanda del SEIN; es una opción viable que permite reducir los costos de facturación por concepto de máxima demanda.
- ✓ Contrato mediante compra al mercado Spot, nueva posibilidad de obtener mejores precios de energía y potencia que puede incorporarse en los contratos tarifarios.
- ✓ Control de la máxima demanda mediante: desplazamiento de cargas de algunos procesos de operación no continuos, reducción de picos de demanda y autogeneración en Horas Punta.
- ✓ Regulación óptima de la tensión y calidad de energía; para evitar el deterioro prematuro de los equipos eléctricos y reducir el consumo de energía.
- ✓ División del suministro para migrar de cliente libre hacia regulado, se puede obtener beneficios económicos previa evaluación y se aplica en caso de que la máxima demanda de un cliente libre sea menor a 1 MW.
- ✓ Invitar a Empresas de Servicios de Energía (EMSEs) para la evaluación de su contrato tarifario.

Conociendo su factura eléctrica:

A continuación se hace una descripción de las características de la factura de energía eléctrica de clientes libres ^{16/}.

La facturación mensual por potencia incluirá los siguientes cobros:

- ✓ Cobro por potencia en Horas de Punta
- ✓ Cobro por exceso de la Máxima Demanda Comprometida (MDC) coincidente con la máxima demanda del SEIN serán facturados aplicando como precio el 25% del precio de la Potencia en Horas de Punta.
- ✓ Cobro por Peaje de Conexión al Sistema Principal de Transmisión considerando el total de la potencia facturada.

- ✓ Cobro por las compensaciones por uso del Sistema Secundario de Transmisión de acuerdo a los peajes establecidos por el OSINERGMIN.

La facturación por energía activa se hará sobre la energía activa retirada por el cliente de acuerdo a los registros de la medición.

La facturación de excesos sobre la energía asociada se efectuará sólo si la demanda máxima registrada por el cliente excediera la potencia contratada.

- ✓ La energía a facturarse en cada punto de suministro y medición en Horas Punta y Fuera de Punta, será igual al producto de la energía registrada durante el respectivo periodo de facturación por el factor de pérdidas de energía (fpe) entre la Barra de Referencia de Generación (BRG) y el punto de suministro y medición asociado por el precio de energía activa asociada.

La facturación mensual por energía activa incluirá los siguientes cobros:

- ✓ Cobro por Energía Activa en Horas de Punta
- ✓ Cobro por Energía Activa en Horas Fuera de Punta
- ✓ Cobro por exceso de consumo de energía activa sobre la energía asociada a los periodos de 15 minutos donde se excede la MDC.
- ✓ Cobro por las compensaciones por uso del Sistema Secundario de Transmisión y Sistema de Distribución.
- ✓ Cargo por electrificación rural (Ley N° 28749)

Un programa de control de la demanda eléctrica es factible en aquellos procesos cuya operación tiene fuertes variaciones en la demanda máxima y bajo factor de carga, como son empresas relacionadas con la minería, cementeras, fundición, papeleras, textil, etc.

CAPÍTULO IV APLICACIÓN DE METODOLOGÍA Y RESULTADOS

4.1 Objetivo

El objetivo principal del presente es mostrar la aplicación de la metodología mediante el diagnóstico y el uso eficiente de la energía eléctrica, identificando proyectos de eficiencia energética, oportunidades de mejoras y reducción de costos en la COMPAÑÍA MINERA UNICA (nombre referencial utilizado para el presente informe).

4.2 Descripción General de la Mina

4.2.1 Datos Generales

La compañía Minera Única, es un yacimiento polimetálico, principalmente se encarga de explotación de cobre y zinc, los cuales son extraídos de las diferentes zonas de operación minera que conforman dicho yacimiento.

4.2.2 Descripción de las Instalaciones y sus Procesos Productivos

Las instalaciones de la Minera Única están conformadas por las áreas típicas, como son:

- Mina
- Planta Concentradora
- Campamento
- Puerto Minero (recepción de los concentrados finos para exportación)

a) Mina

La mina es tipo tajo abierto, donde se extrae el mineral utilizando combustible como el principal energético. Su proceso se inicia en la etapa de minado con la perforación y voladura del terreno, para continuar con la extracción del mineral (zinc, cobre) de las zonas de operación que conforman este yacimiento minero, para la extracción se necesita: compresoras de aire, ventiladores, extractores, scoops y jumbos.

El mineral es transportado desde las minas a través de locomotoras eléctricas, camiones y carros mineros hasta la cancha de gruesos (Planta concentradora); aquí se disponen de un equipo neumático que es utilizado para fragmentar las rocas grandes de mineral

b) Planta Concentradora

El objetivo principal de la planta de procesos es la obtención del concentrado de mineral, el cual se obtiene mediante los procesos de molienda, remolienda, flotación, espesadores y filtros. Su capacidad de operación se mide en Tm/día. Las áreas principales son:

Chancadoras: Se encarga de reducir el tamaño del mineral, se cuenta con: Chancado primario, secundario y terciario. El mineral más reducido es separado por zarandas y es transportado hacia las tolvas de finos.

Molienda: Cuenta con grandes molinos de potencias de velocidad variable que permiten controlar los diversos tipos de mineral en proceso, su función es reducir su tamaño.

Flotación: Se trata de la separación del mineral, usando insumos químico, una vez limpiado y filtrado, el concentrado es enviado al área de espesado y filtrado.

Espesado y Filtrado: El concentrado final de cobre, zinc pasan a los espesadores de concentrado, luego se almacena en los tanques de concentrado. Finalmente estos concentrados son enviados a través del minero ducto.

Minero ducto: Cuenta con una estación de bombas de alta presión y estaciones de válvulas con estranguladores de agua y pulpa, que sirven para reducir la excesiva presión producida en la caída de gradiente hacia la estación terminal del Puerto Minero.

c) Aguas y Relaves

Una vez seleccionado los minerales requeridos, el resto de volumen extraído constituye el relave, esto son desechados vía la presa de relaves.

d) Campamentos

Los campamentos correspondientes a oficinas administrativas, almacenes varios, viviendas de trabajadores de Minera Única y empresas contratistas son los siguientes:

- Oficina Principal.
- Almacenes.
- Viviendas jefes, supervisores, empleados de la minera, y contratistas.

Nota: Más adelante se indicará las cargas asociadas dentro de las instalaciones, así como el Diagrama Unifilar de la Mina (creado solo para el presente informe), donde se apreciará las principales áreas de consumo de energía eléctrica.

4.3 Contrato y Compra de Energía

La COMPAÑÍA MINERA UNICA, es un cliente libre ya que su demanda supera 1 MW, mantiene un Contrato de suministro de energía eléctrica con una empresa de Generación. De acuerdo al contrato se tienen 3 puntos de Suministros, con las siguientes **demandas máximas** (asumidos):

Potencias Contratadas :

- Tensión 220 kV; hasta 95 MW entre enero de 2008 a diciembre de 2009; y hasta 117 MW, a partir de enero 2010.
- Puerto Minero, Tensión 60 kV; hasta 3 MW
- Punto de suministro del SVC en 220 kV; hasta 1,5 MW.
- Potencia mínima facturable 70 MW.

Condiciones del Contrato:

Si la Demanda Máxima Promedio (DMP) anual excede los 90 MW (durante los años 2008, 2009 ó 2010) entonces, la empresa de generación tendrá el derecho a refacturar hasta en 2 oportunidades cualesquiera de ellas, los montos facturados por la energía activa durante el año correspondiente.

Se presenta esta condición para poder analizar el ahorro de energía por control de máxima demanda, es decir, como podemos ahorrar en ese sentido, viendo que no se supere los 90 MW y evitando la refacturación por parte de la generadora.

Nota: Los valores de potencia son referenciales, así como las fechas asumidas para el presente informe.

En el mes de Agosto del 2008, los precios por unidad de energía y potencia, fueron:

Cargo por potencia leída en Horas de Punta	4,85 US\$/kW-mes
Cargo por energía activa en Horas de Punta	0,04718 US\$/kWh
Cargo por energía activa en horas fuera de punta	0,03232 US\$/kWh
Peaje de conexión al sistema principal de transmisión:	1,63 US\$/kW-mes
Exceso de la DMLCHP sobre la DMTC	9,70 US\$/kW-mes
Exceso de la DMLCHFP sobre la DMTC	2,43 US\$/kW-mes

Períodos tarifarios:

Para energía activa

Horas de Punta Horas del día comprendidas entre las 18:00 horas y las 23.00 horas, excepto los días domingos y feriados nacionales.

Horas Fuera de Punta Horas del día no comprendidas en las Horas de Punta y de las 00.00 horas a las 24.00 horas los días domingos y feriados nacionales.

Para potencia activa

Horas de Punta Horas del día comprendidas entre las 18:00 horas y las 23.00 horas, excepto los días domingos y feriados nacionales.

Horas Fuera de Punta Horas del día no comprendidas en las Horas de Punta y de las 00.00 horas a las 24.00 horas los días domingos y feriados nacionales.

Energía Reactiva

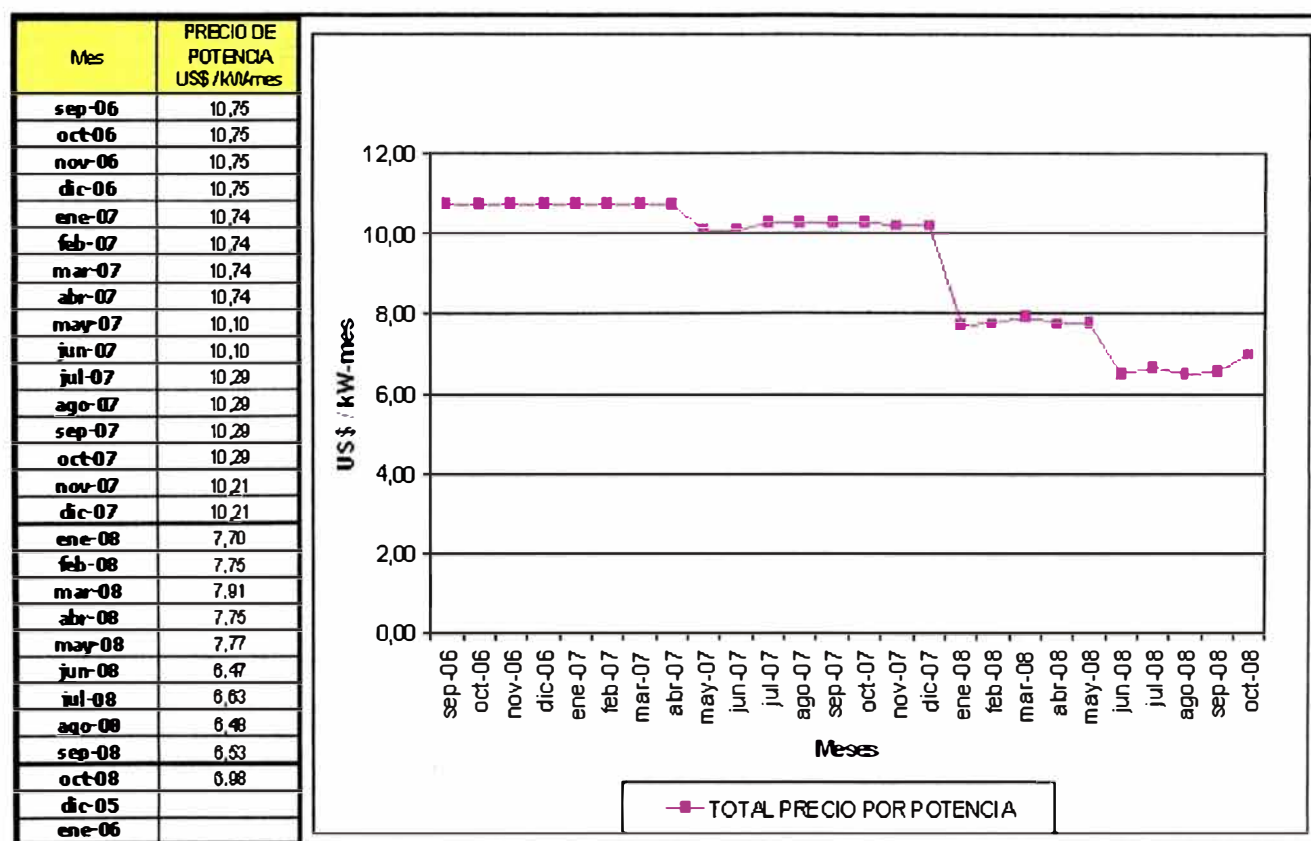
Los consumos de Energía Reactiva en todos los puntos de suministro, serán facturados por el Generador según las normas, disposiciones, moneda y tarifas establecidas por OSINERGMIN, vigentes al mes de facturación.

Cuando la energía reactiva inductiva mensual es superior al 30% de la energía activa mensual registrada en el período del mes, se calculará el monto del exceso de la energía reactiva registrada durante el mes.

La facturación mensual por potencia incluye los siguientes cobros:

- ✓ El cobro por potencia será la demanda máxima registrada para el intervalo de las Horas de Punta.
- ✓ El cobro por Exceso de la Demanda Máxima registrada en Horas de Punta sobre la Demanda Máxima Teórica Contratada (DMTC).
El cobro por Potencia Mínima Facturable en Casos Excepcionales (DPMF) en el mes en que se incurra en la disminución.
- ✓ El cobro por Energía Activa en Horas de Punta.
- ✓ El cobro por Energía Activa en Horas Fuera de Punta.
- ✓ El precio aplicable al peaje del sistema principal de transmisión CPSPT de acuerdo a lo normado por el OSINERGMIN.

En las Figuras N° 4.1 y 4.2, se muestran la variación de los precios por unidad de potencia y energía respectivamente:



Nota: Los precios de potencia son asumidos en el presente informe, los cuales son valores típicos de una mina, en adelante se asumirán valores para efectos de aplicación de metodología de ahorro de energía.

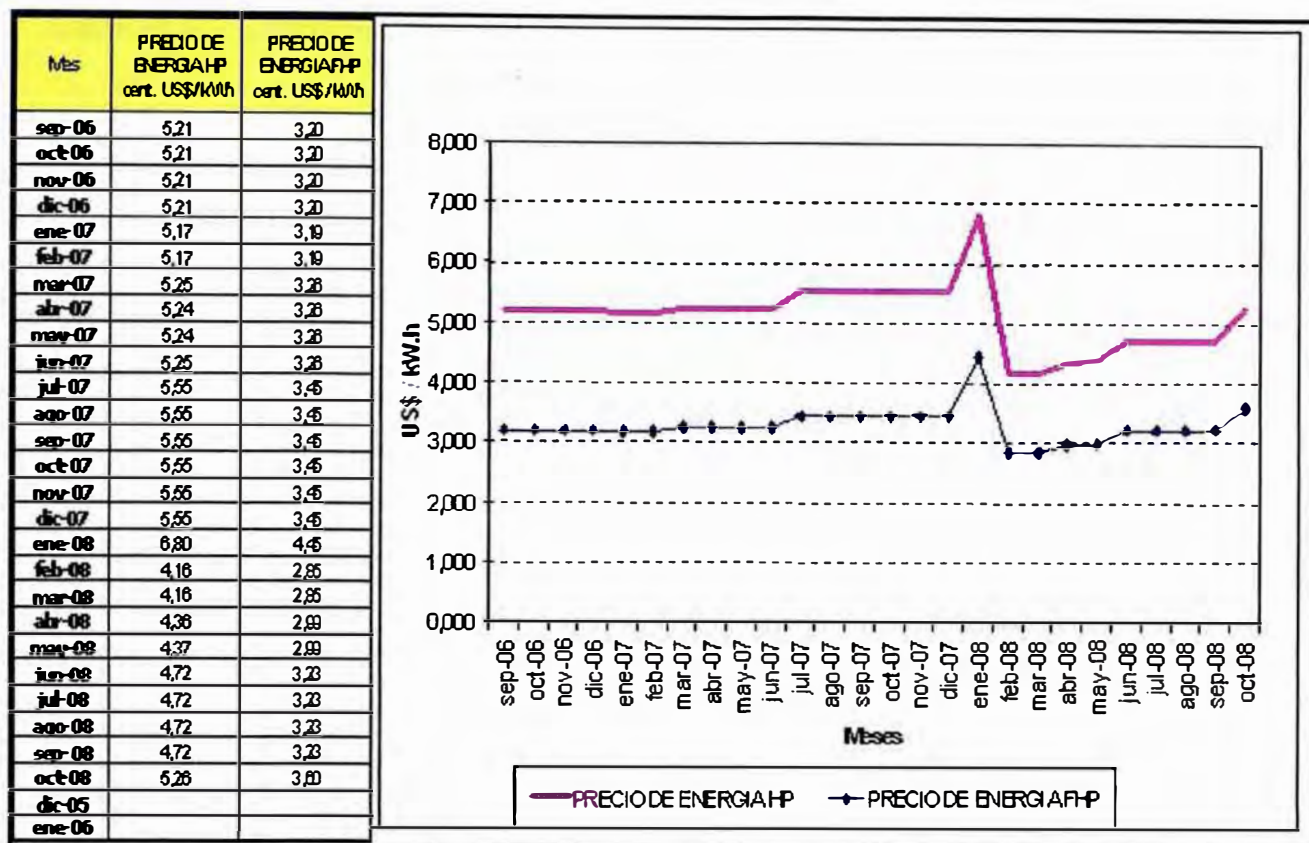


Fig. N° 4.2 Variación del Precio de Energía Eléctrica

4.3.1 Costo Promedio de Compra de Energía (CPCE)

Teniendo como base la información de la facturación (asumido) de energía eléctrica, se calculan los costos promedios de compra de energía eléctrica total.

En la Tabla N° 4.1 se muestra la variación de los costos promedio de compra de energía en el período de Setiembre 2006 a Octubre 2008.

En la Figura N° 4.3 se muestra gráficamente la Variación del Costo de Energía en este período, en la figura se observa pico de precio de energía en el mes de enero del 2008, siendo el valor de 5,9 cent. US\$/kWh, del mismo modo se aprecia el mínimo precio de energía en el mes de marzo del 2008, siendo el valor de precio de energía de 3,6 cent. US\$/kWh.

Los costos promedio de compra de energía eléctrica son:

Enero a diciembre de 2007 es de 0,048 US\$/kWh

Enero a octubre de 2008 es 0,0416 US\$/kWh.

Dentro del costo de compra de energía están incluidos los costos por potencia y energía.

4.3.2 Incidencia del Cargo de Potencia en la Facturación Total

En la Tabla N° 4.1, también se puede observar la variación de la incidencia del cargo de potencia en la facturación total, este varía de 17% a 29%, siendo el valor promedio en el 2008 de 19%, estos valores se explican debido al factor de carga de 0,86.

Tabla N° 4.1 Variación de Costos Promedios de Compra de Energía e Incidencia del Cargo de Potencia (Set-06 a Oct-2008)

Mes	Precio Medio cent. US\$/kW.h	Monto facturado por energía US\$	Monto facturado por potencia US\$	Incidencia del cargo de potencia (%)
sep-06	4,61	1 917 089,11	624 157,31	25%
oct-06	4,56	2 027 486,68	635 383,18	24%
nov-06	4,61	1 921 613,55	632 809,68	25%
dic-06	4,55	1 945 930,27	629 240,71	24%
ene-07	4,70	1 739 692,70	630 707,15	27%
feb-07	4,63	1 900 678,83	644 818,23	25%
mar-07	4,63	2 118 607,43	651 519,93	24%
abr-07	4,67	1 945 763,13	649 009,84	25%
may-07	4,59	2 171 106,08	651 200,79	23%
jun-07	4,72	1 951 344,68	667 635,55	25%
jul-07	4,84	2 213 988,77	663 135,36	23%
ago-07	4,83	2 331 860,15	678 284,38	23%
sep-07	4,88	2 135 440,29	658 275,55	24%
oct-07	4,83	2 177 119,92	653 253,08	23%
nov-07	5,29	1 575 940,85	639 551,80	29%
dic-07	4,96	1 863 430,55	638 404,96	26%
ene-08	5,90	1 754 520,81	413 717,76	19%
feb-08	3,73	1 697 160,74	408 621,74	19%
mar-08	3,68	1 727 056,37	410 345,04	19%
abr-08	3,92	1 754 408,86	432 338,13	20%
may-08	4,12	1 756 931,99	543 298,07	24%
jun-08	4,22	1 847 537,93	443 677,99	19%
jul-08	4,22	1 643 824,53	411 302,95	20%
ago-08	4,12	1 870 295,34	404 370,97	18%
sep-08	4,14	1 765 956,97	380 692,96	18%
oct-08	4,55	2 144 117,14	439 876,64	17%

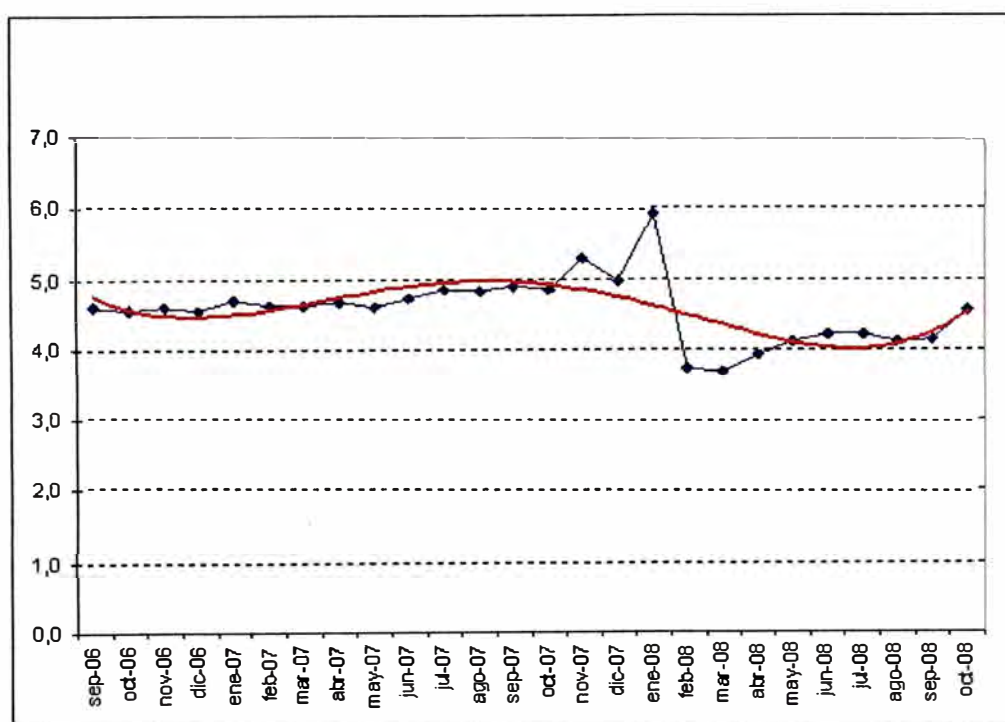


Fig. 4.3 Variación del Costo Promedio de Energía

4.4 Desarrollo de Actividades

4.4.1 Período y cronograma de mediciones eléctricas

Para iniciar el programa de Ahorro de Energía debemos desarrollar el Diagnóstico mediante mediciones eléctricas de los equipos consumidores de energía eléctrica, por lo que se debe elaborar una Campaña (basado en un cronograma) de mediciones eléctricas, donde se muestre el número de mediciones por planta, la cantidad de equipos utilizados y las fechas de intervención en cada instalación, luego de ello se analizarán los diagramas de carga obtenidos en cada medición.

Los períodos de registro e intervalos de medición se establecen de la siguiente manera:

Para los puntos totalizadores, el período mínimo utilizado debe ser 24 horas continuas con un intervalo de medición de 15 minutos.

Para los puntos con cargas de carácter constante, el periodo empleado mínimo es 15 minutos con un intervalo de medición de 1 ó 2 minutos.

Los principales equipos mayormente utilizados para efectuar mediciones eléctricas son:

- ✓ Analizadores de redes.
- ✓ Medidores electrónicos.
- ✓ Luxómetro digital.
- ✓ Cámara termográfica.
- ✓ Medidor de corriente de fuga y resistencia de puesta a tierra.
- ✓ Multímetros, Pinzas amperimétricas y PCs portátiles.

4.4.2 Auditoría Energética

De acuerdo con el cronograma propuesto, se realiza los registros de las variables eléctricas en las diversas plantas.

Es preciso recalcar que los diagramas de carga obedecen a las condiciones de operación en ese periodo de tiempo, sin embargo no deja de ser un diagrama representativo o típico.

Los especialistas en Eficiencia Energética, deben conocer los diversos procesos productivos de Planta Concentradora, Mina y Aguas y Relaves; así como, el modo de operación de campamentos, con el fin de tener noción de dichos procesos, identificar y sugerir las posibles mejoras.

Es necesario recopilar datos de placa motores importantes de la planta Concentradora, Mina y aguas y Relaves.

4.4.3 Evaluación de Motores

Se debe compilar información de un grupo de motores importantes por planta, esta información servirá para evaluar la operación y poder determinar el factor de utilización y eficiencia de los motores y conocer los costos en función del factor de carga.

4.4.4 Evaluación de la Iluminación

Se deberá realizar mediciones puntuales del nivel de iluminación en las diversas áreas: campamentos, planta concentradora, mina, talleres, almacenes y alumbrado exterior, dichas mediciones son realizadas con luxómetro digital y en horas donde la luz natural está presente y en la noche.

Asimismo, se debe evaluar el modo de operación de las luminarias en todas las áreas destacándose su operación durante las 24 horas, debido a la falta de control adecuado y la falta de luz natural, para lo cual se elaboran diversas propuestas de uso racional y cambio tecnológico.

4.5 Suministro y Consumo de Energía

Uno de los principales energéticos utilizados en la compañía Minera Única, es la energía eléctrica, que es utilizada para los distintos procesos de producción que se realizan.

El sistema de energía eléctrica de la compañía minera está conformado de la siguiente manera:

- Suministro de energía eléctrica
- Sistema de transmisión
- Sistema de distribución de energía eléctrica

4.5.1 Suministros de Energía Eléctrica

La Mina Única, cuenta con tres suministros: S.E. Única en 220 kV, SVC en 220 kV y Puerto Minero en 60 kV.

Estos suministros se integran y se obtiene la facturación total de la mina.

El suministro de la energía eléctrica al complejo minero, se realiza a través del suministro del SEIN, mediante una línea de transmisión que llega hasta la SE Única en 220 kV.

El segundo suministro, se encuentra ubicado en la subestación de potencia perteneciente a la empresa Generadora que suministra energía a la mina, con nivel de tensión de 220 kV, donde se tiene un regulador de tensión SVC cuyo consumo propio está asociado a la facturación total de la mina.

Asimismo, se tiene un tercer suministro en Puerto Minero en 60 kV.

4.5.2 Sistema de Transmisión

- S.E. Potencia Generadora (SEIN)- S.E. Única en 220 kV.
- SVC en 220 kV dentro de la S.E. Potencia de empresa Generadora.
- L.T. 60 kV que llega a la S.E. ubicado en Puerto Minero (derivación del sistema transmisión de otra empresa concesionaria).

4.5.3 Sistema de Distribución

El sistema de distribución de energía eléctrica de la fuente suministradora a los usuarios finales o celdas.

En la Tabla N° 4.2 se muestra la distribución de celdas por circuitos, consideramos 17 celdas asociadas a los circuitos, los mismos que inician en la S.E. Única, a través de la Barra 23 kV, en la S.E. se tiene un transformador que suministra energía, para la propia subestación y para todo el complejo minero, este transformador se reduce la tensión de 220 kV a 23 kV y luego se distribuye la energía eléctrica a los siguientes circuitos.

Tabla N° 4.2 Distribución de Celdas por Circuito

Circuitos	Celdas Asociadas
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	Celda 1
	Celda 2
	Celda 3
	Celda 4
B: Molinos	Celda 5
	Celda 6
	Celda 7
	Celda 8
C: Mina	Celda 9
D: Filtros	Celda 10
	Celda 11
E: Transformadores	Celda 12
F: Campamento	Celda 13
G: Chancadora	Celda 14
H: Aguas y Relave	Celda 15
I: Compensador Síncrono	Celda 16
	Celda 17

En cada carga del circuito de Mina, se cuenta con subestaciones de distribución, donde la tensión es reducida de 23 kV a:

- 7,2 kV
- 4,16 kV
- 480V
- 220V

Dependiendo de la tensión requerida para la operación de los equipos.

4.5.4 Estadísticas de Consumo de Energía y Potencia

En la Tabla N° 4.3 se presenta la evolución del consumo de energía durante el año 2007-2008 (suministrada por la empresa de Generación, valores asumidos), en esta tabla, se aprecia un crecimiento sostenido del consumo de energía desde el mes de enero, siendo el consumo promedio mensual de energía eléctrica de 23 564,1 MWh.

Tabla N° 4.3 Estadística del Consumo de Energía y Potencia Eléctrica
Año 2007 – 2008

Mes	EHP (MWh)	EHFP (MWh)	E total (MWh)
sep-06	9 821,39	45 255,50	55 076,89
oct-06	10 248,21	48 113,64	58 361,85
nov-06	9 451,59	45 989,84	55 441,43
dic-06	9 020,14	47 524,71	56 544,86
ene-07	8 735,71	41 682,47	50 418,18
feb-07	9 792,94	45 142,03	54 934,97
mar-07	10 819,20	49 034,11	59 853,30
abr-07	8 944,36	46 650,40	55 594,76
may-07	10 912,20	50 560,08	61 472,28
jun-07	9 354,71	46 160,62	55 515,33
jul-07	9 974,35	49 472,91	59 447,26
ago-07	10 934,94	51 444,16	62 379,10
sep-07	9 924,79	47 289,51	57 214,31
oct-07	9 826,14	48 730,02	58 556,16
nov-07	7 840,05	34 067,81	41 907,86
dic-07	7 830,37	42 620,84	50 451,21
ene-08	6 462,35	30 268,68	36 731,03
feb-08	10 249,59	46 273,07	56 522,66
mar-08	9 419,91	48 671,88	58 091,79
abr-08	10 004,86	45 797,63	55 802,49
may-08	10 004,86	45 797,63	55 802,49
jun-08	9 322,21	54 340,00	63 662,21
jul-08	7 851,36	48 662,62	56 513,98
ago-08	9 023,12	55 247,57	64 270,69
sep-08	9 347,66	51 795,20	61 142,87
oct-08	9 655,54	45 461,73	55 117,26

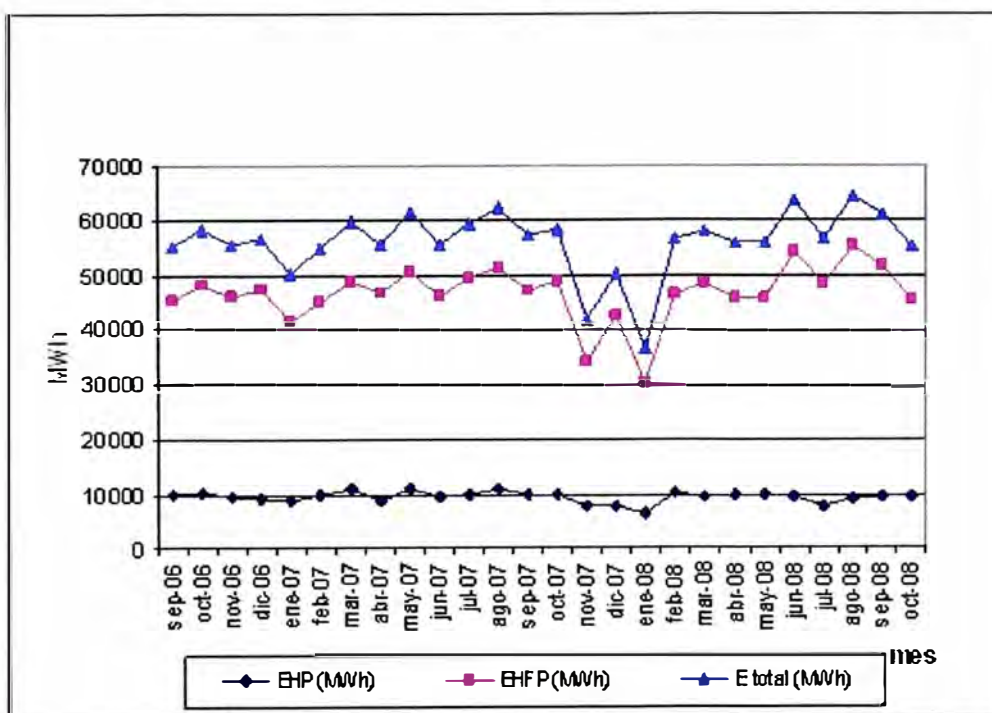


Fig. N° 4.4 Evolución Estadística de la Energía Eléctrica

En la Figura N° 4.4 se muestra la evolución de la demanda total de la mina, desde septiembre 2006 a octubre 2008, se aprecia una demanda con una ligera variación de febrero a octubre del año 2007, una disminución desde noviembre a mayo de 2008 y una tendencia decreciente desde el mes de noviembre 2007 hasta octubre 2008, a excepción del pico producido (91,61 MW) en el mes de junio 2008.

En la Figura N° 4.5 se muestra la evolución de la demanda en horas punta, se aprecia una disminución de la demanda debido a la reducción de la velocidad de los molinos que representan mayor consumo.

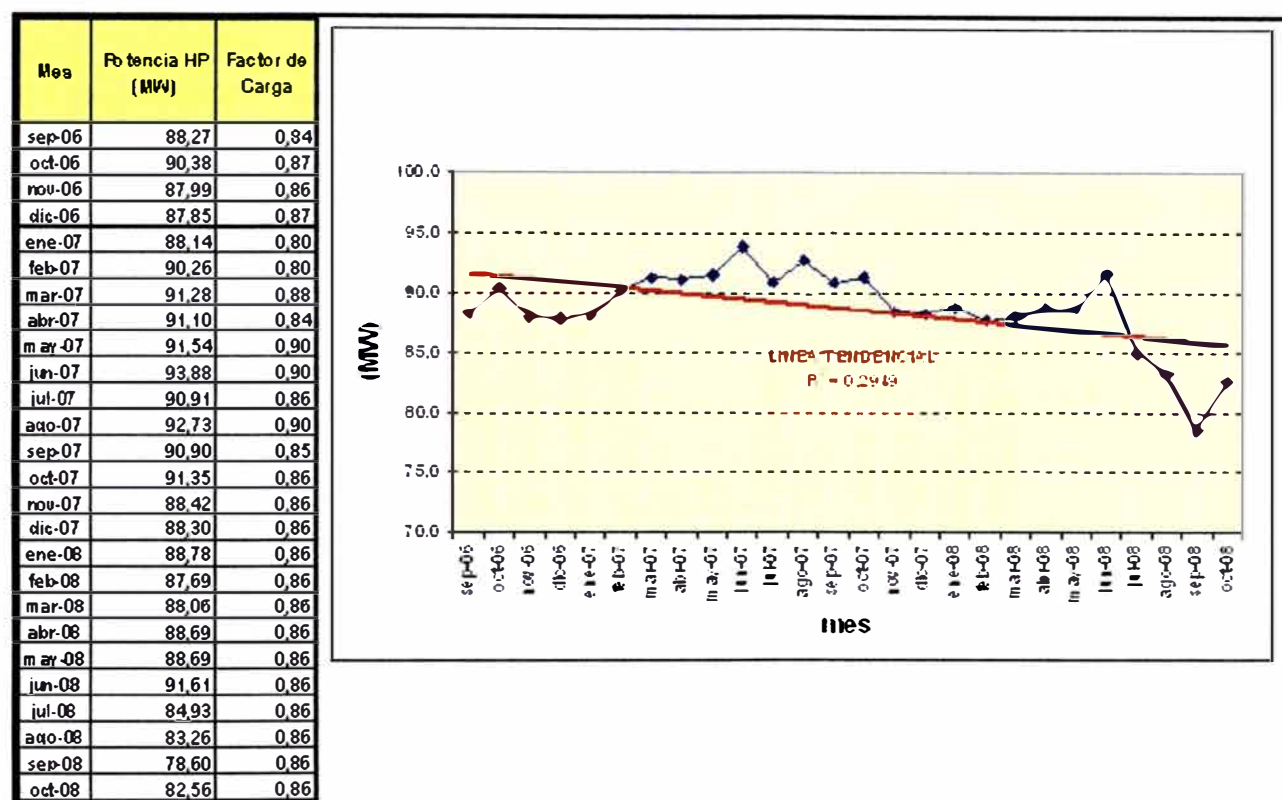


Fig. N° 4.5 Evolución Estadística de la Demanda en Horas Punta

4.6 Análisis Energéticos de las Instalaciones

Los análisis energéticos realizados en las operaciones del proceso productivo, tienen por objetivo ofrecer información técnica necesaria que permita evaluar las posibilidades reales de ejecutar un programa de ahorro energético en la empresa.

En ese sentido, el análisis se concentra en realizar los balances energéticos en las plantas y área y los equipos de mayor consumo, tales como:

- Planta Concentradora.
- Mina.
- Campamentos.

Las principales fuentes de información para cumplir con el propósito de ahorro de energía y con la que se debe contar, son:

- Mediciones efectuadas directamente con instrumentación portátil y personal especializado.
- Mediciones efectuadas con equipos existentes en las propias instalaciones eléctricas de la mina.
- Datos históricos proporcionados por la mina.
- Planos y documentación técnica proporcionados.

Esta información es revisada y analizada para ver las distintas posibilidades de ahorro por utilización óptima de la energía y control de máxima demanda.

4.6.1 Consumo de Energía y Máxima Demanda de la Mina

En la Figura N° 4.6 se muestra las máximas demandas mensuales del año 2007 y 2008 (hasta octubre) en horas de punta y fuera de punta (para el presente informe se asume los valores).

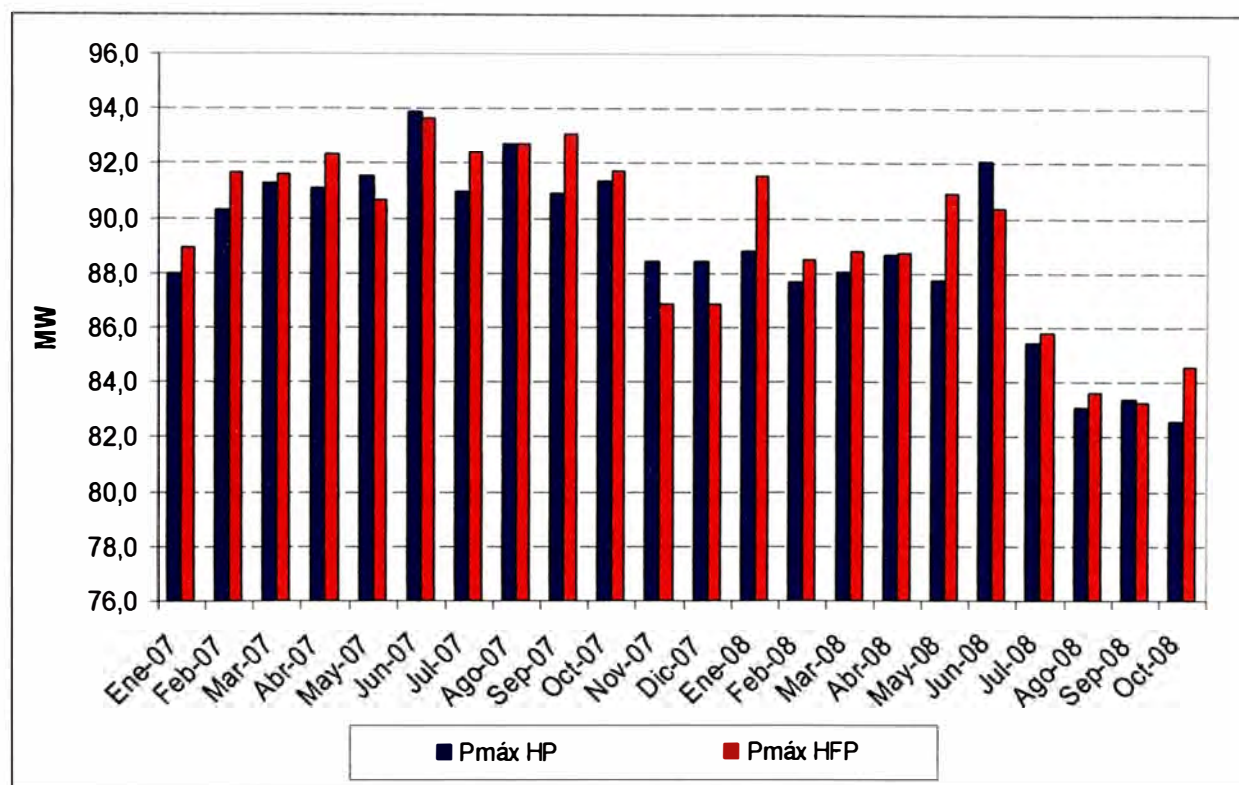


Fig. N° 4.6 Evolución de la Máxima Demanda 2007-2008

Se puede observar el pico máximo de potencia en el mes de junio de 2008. Asimismo, se aprecia una disminución de la demanda en los cuatro últimos meses, asumiremos esta disminución por efecto de acciones de control en los molinos.

En la Tabla N° 4.4 se muestran valores de Máxima Demanda y factores de carga y potencia (asumidos para los 4 últimos meses, es decir, junio, agosto, setiembre y octubre 2008) en campo estos valores se deben extraer de los Diagramas de Carga, producto de la campaña de mediciones, en este caso realizadas en el Totalizador de la S.E. Única.

Tabla N° 4.4 Parámetros Eléctricos en el Totalizador

Mes	MW (Máx)	MW (Promedio)	Energía Activa (MWh)	Energía Reactiva (MVarh)	Factor de Carga	Factor de Potencia
Julio	92.1	86.8	2082	680	0.94	0.95
Agosto	84.1	77.9	1870	615	0.93	0.95
Setiembre	83.4	78.4	1882	467	0.94	0.97
Octubre	84.6	74.7	1793	443	0.88	0.97

4.6.2 Salidas principales de la S.E. Única.

En la Tabla N° 4.5 se muestran valores de Máxima Demanda y factores de carga y potencia asumidos para las celdas en 23 kV en los meses de, junio, agosto, setiembre y octubre 2008.

Tabla N° 4.5 Parámetros Eléctricos por Celdas

Circuitos	Celdas Asociadas	kW (Máx)	kW (Promedio)	Energía Activa (kWh)	Energía Reactiva (kVarh)	Factor de Carga	Factor de Potencia
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	Celda 1	5391	5002	129607	119049	0.91	0.80
	Celda 2	6108	4676	72289	38930	0.79	0.85
	Celda 3	6346	5458	27971	129619	0.85	0.84
	Celda 4	5901	5684	64405	38383	0.94	0.83
B: Molinos	Celda 5	16515	13405	340294	381918	0.87	0.67
	Celda 6	8821	8167	196015	234759	0.94	0.64
	Celda 7	9313	8782	210774	257157	0.94	0.63
	Celda 8	8918	8302	191048	236588	0.95	0.63
C: Mina	Celda 9	4595	2904	60076	29858	0.68	0.81
D: Filtros	Celda 10	916	1042	25036	38152	0.59	0.68
	Celda 11	2044	1713	41137	48042	0.84	0.76
E: Transformadores	Celda 12	738	236	3889	4770	0.15	0.62
F: Campamento	Celda 13	3758	2017	54452	16696	0.60	0.94
G: Chancadora	Celda 14	5945	3858	92621	86305	0.61	0.73
H: Aguas y Relave	Celda 15	8645	6200	148850	58133	0.73	0.94
I: Compensador sincrónico	Celda 16	240	145	13420	14587	0.77	0.07
	Celda 17	240	145	13424	14586	0.77	0.07

4.7 Distribución de Consumos de Potencia y Energía por Planta

En la Figura N° 4.7 se muestra el Diagrama Unifilar de la Mina, en esta figura se aprecia el punto de alimentación de la Mina en 220kV y las diferentes cargas distribuidas por circuito en 23 kV.

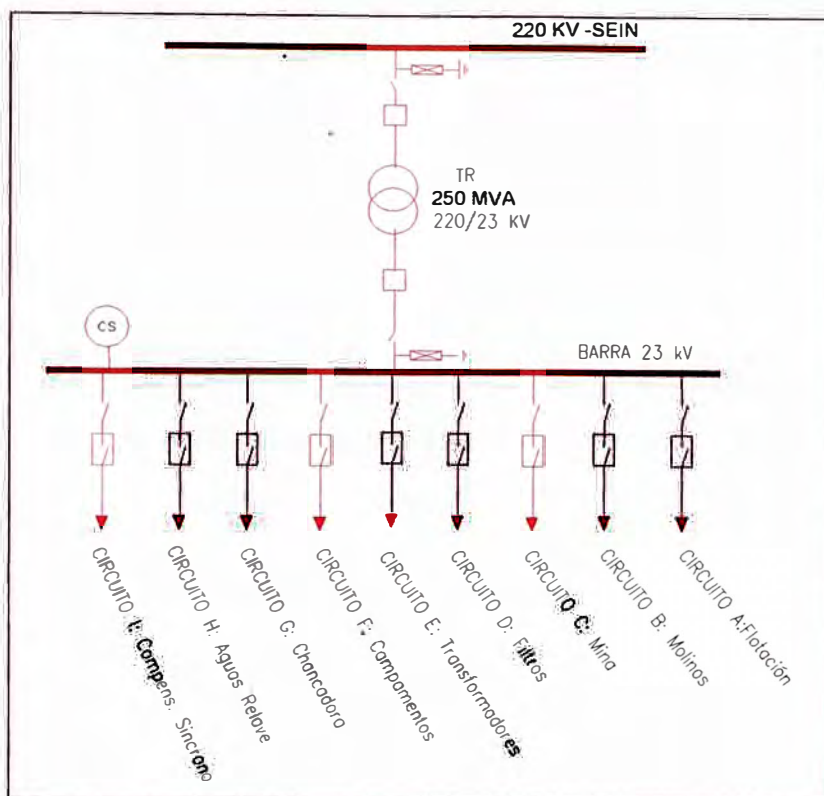


Fig. N° 4.7 Diagrama Unifilar Mina Única

4.7.1 Distribución de potencia por circuitos

En la Tabla N° 4.6 muestra la distribución de potencia por Circuitos y porcentaje de participación respecto al total de máxima demanda.

Tabla N° 4.6 Distribución de Potencias por Circuitos

Circuitos	kW (Máx)	%	kW (Promedio)	%
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	23746	27.6%	20820	29.0%
B: Molinos	43567	50.6%	38656	53.9%
C: Mina	4595	5.3%	2904	4.1%
D: Filtros	2960	3.4%	2755	3.8%
E: Transformadores	738	0.9%	236	0.3%
F: Campamento	3758	4.4%	2017	2.8%
G: Chancadora	5945	6.9%	3858	5.4%
H: Aguas y Relave	240	0.3%	145	0.2%
I: Compensador Sincrono	480	0.6%	290	0.4%
Total	86029	100%	71681	100%

En la Figura N° 4.8 se puede apreciar gráficamente la participación del Consumo Promedio de Potencia por circuito, se observa que los Molinos tienen el mayor porcentaje en la demanda de potencia alcanzando un 54 %, seguido por los alimentadores de flotación, remolienda y compresoras.

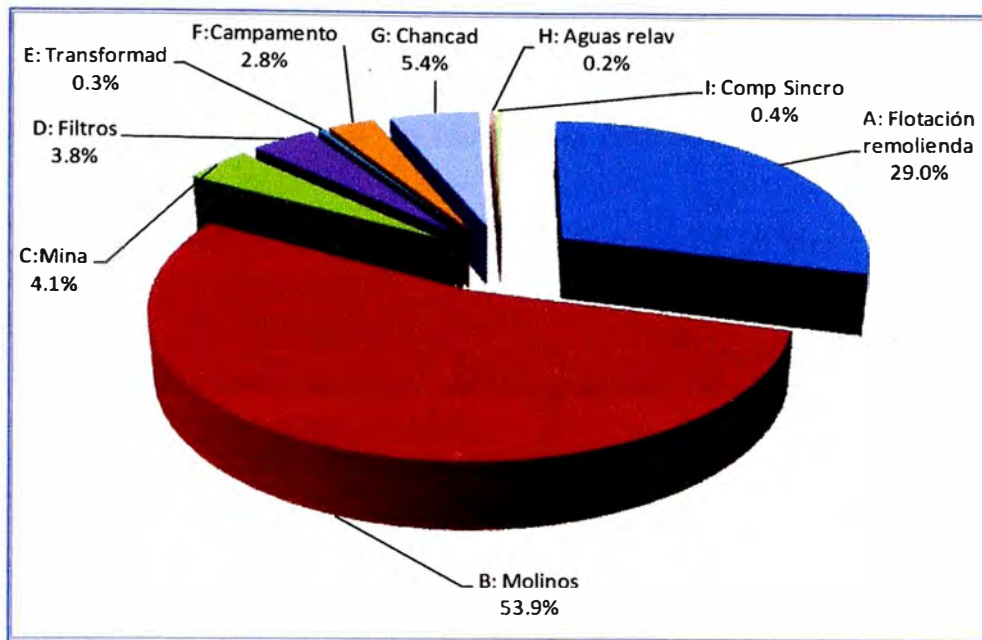


Fig. N° 4.8 Consumo de Potencia Promedio por Circuito

4.7.2 Distribución de Potencia por Celdas

En la Tabla N° 4.7 se muestran valores de Máxima Demanda y Potencia Promedio pro celda en 23 kV.

Tabla N° 4.7 Distribución de Potencias por Celdas

Circuitos	Celdas Asociadas	kW (Máx)	kW (Promedio)	Factor de Carga	Factor de Potencia
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	Celda 1	5391	5002	0.91	0.80
	Celda 2	6108	4676	0.79	0.85
	Celda 3	6346	5458	0.85	0.84
	Celda 4	5901	5684	0.94	0.83
B: Molinos	Celda 5	16515	13405	0.87	0.67
	Celda 6	8821	8167	0.94	0.64
	Celda 7	9313	8782	0.94	0.63
	Celda 8	8918	8302	0.95	0.63
C: Mina	Celda 9	4595	2904	0.68	0.81
D: Filtros	Celda 10	916	1042	0.59	0.68
	Celda 11	2044	1713	0.84	0.76
E: Transformadores	Celda 12	738	236	0.15	0.62
F: Campamento	Celda 13	3758	2017	0.60	0.94
G: Chancadora	Celda 14	5945	3858	0.61	0.73
H: Aguas y Relave	Celda 15	8645	6200	0.73	0.94
I: Compensador sincrono	Celda 16	240	145	0.77	0.07
	Celda 17	240	145	0.77	0.07

4.7.3 Distribución de Energía (1 mes)

Para la distribución de energía en 01 mes, se realiza la proyección de la misma considerando:

- Las potencias promedio registradas durante el día.
- Para campamentos y plantas se considera 24 hrs/día durante 30 días/mes.

En la Tabla N° 4.8 y Figura N° 4.9, se muestra la Distribución de Energía en 1 mes por circuitos.

Tabla N° 4.8 Distribución de Energía en un mes

Circuitos	Energía Activa 1 Mes (kWh)	%
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	8475034	17.5%
B: Molinos	27018173	55.7%
C: Mina	1730189	3.6%
D: Filtros	1905782	3.9%
E: Transformadores	112003	0.2%
F: Campamento	1568218	3.2%
G: Chancadora	2667485	5.5%
H: Aguas y Relave	4286880	8.8%
I: Compensador Sincrono	773107	1.6%
Total	48536870	100%

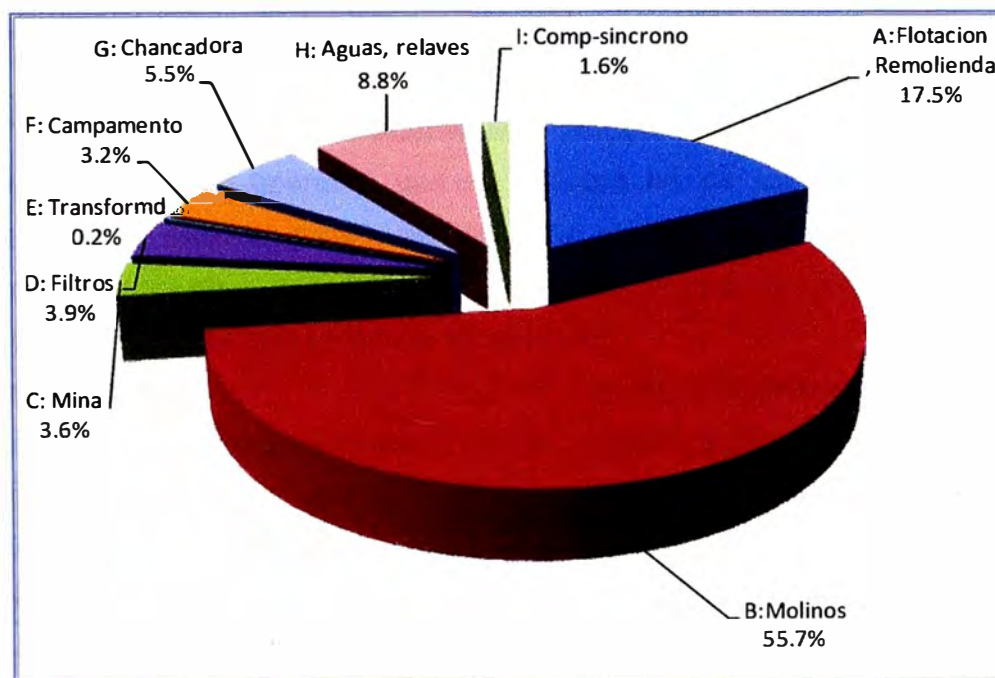


Fig. N° 4.9 Distribución de la Energía en un mes

4.7.4 Distribución de Energía por Celdas

En la Tabla N° 4.9 se muestra la energía reactiva de 1 mes por cada celda, los valores de energía activa de 1 día en cada celda son asumidos para efectos de cálculo.

Tabla N° 4.9 Distribución de Energía Reactiva Un mes por Celdas

Circuitos	Celdas Asociadas	Energía Activa 1 Día (kWh)	Energía Reactiva 1 Mes (kVarh)
A: Flotación, Remolienda, Compresoras	Celda 1	129607	3732682
	Celda 2	72289	2081923
	Celda 3	27971	805565
	Celda 4	64405	1854864
B: Molinos	Celda 5	340294	9800467
	Celda 6	196015	5645232
	Celda 7	210774	6070291
	Celda 8	191048	5502182
C: Mina	Celda 9	60076	1730189
D: Filtros	Celda 10	25036	721037
	Celda 11	41137	1184746
E: Transformadores	Celda 12	3889	112003
F: Campamento	Celda 13	54452	1568218
G: Chancadora	Celda 14	92621	2667485
H: Aguas y Relave	Celda 15	148850	4286880
I: Compensador sincrono	Celda 16	13420	386496
	Celda 17	13424	386611

4.8 Propuestas Mejoras y Oportunidad de Reducción de Costos

El análisis energético y operativo que se realizará en las instalaciones de la planta, permitirá identificar mejoras para la reducción del consumo de energía eléctrica y costos operativos; la evaluación económica se realizará tomando en cuenta los precios de energía eléctrica del año 2008 (período de análisis):

Precio de la Potencia = 6,52 US\$/kW-mes (1)

Precio por energía en Horas de Punta = 0,04718 US\$/kWh (1)

Precio por energía en horas fuera de punta = 0,03232 US\$/kWh (1)

Precio medio de la energía = 0,03542 US\$/kWh (2)

(1) : Precio obtenido de la facturación de energía del mes de agosto 2008.

(2) : Precio calculado efectuando el promedio del precio de la energía en Horas de Punta y horas fuera de punta, tomando en cuenta las horas de cada período.

Los precios no incluyen el IGV.

4.8.1 Sistema de Control de la Máxima Demanda

La presente propuesta de control de máxima demanda se realizará teniendo en cuenta dos objetivos:

- 1) La condición según Contrato con la Generadora, lo que obliga a la Compañía Minera Única tomar acción a fin de que la Demanda Máxima Promedio Anual (DMP) no supere los 90 MW tal como está indicado en el ítem 4.3; condición que nos servirá para complementar el presente informe de cómo afecta y de cómo se puede obtener ahorro en ese sentido, es decir ver la forma de que no se supere los 90 MW y se ahorre energía, evitando la refacturación por parte de la generadora.
- 2) Con la finalidad de reducir los pagos por máxima demanda leída en Horas de Punta.

Análisis de la Demanda del año 2008

Para analizar las alternativas de control de máxima demanda y para que el promedio anual no supere los 90 MW, se debe realizar simulaciones de consumo para los meses de noviembre y diciembre, tomando como base las máximas demandas totales y coincidentes correspondientes a los tres suministros (Mina, Puerto Minero y SVC) el resultado teórico (asumidos).

En la Tabla N° 4.10 se muestra el Primer Escenario, considerando la mayor demanda del año 2007 en Puerto Minero y SVC.

Se considera la mayor demanda registrada del año 2007 de los suministros de Puerto Minero (2 608 kW) y SVC (1 038 kW), además de una máxima demanda de 84,5 MW para el suministro de Mina.

En caso de que la máxima demanda que pueda registrarse en los meses de noviembre y diciembre de 2008, sea similar a la mayor demanda del año 2007, se observa, que la Demanda Máxima Promedio (DMP) del año 2008 no superaría los 90 MW, si la demanda en la mina no supere los 84,5 MW.

Tabla N° 4.10 Escenario 1, Mayor Demanda del Año 2007 en Puerto Minero y SVC

MES	TOTAL			MINA		PUERTO MINERO		SVC	
	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} (kW)	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)
2008									
ENERO	90 677	93 487	93 487	88 776	91 501	1 747	1 891	154	95
FEB	89 914	91 044	91 044	87 687	88 472	1 930	2 095	298	477
MAR	90 221	90 719	90 719	88 057	88 786	1 993	1 836	171	97
ABR	91 154	91 451	91 451	88 693	88 726	2 117	2 337	343	388
MAY	89 685	92 625	92 625	87 758	90 880	1 786	1 520	141	225
JUN	93 994	92 268	93 994	92 116	90 344	1 757	1 921	121	2
JUL	87 251	87 945	87 945	85 418	85 836	1 774	1 581	58	529
AGO	85 055	85 847	85 847	83 078	83 663	1 948	1 787	29	397
SEP	84 983	85 536	85 536	83 391	83 246	1 490	1 899	103	392
OCT	84 755	86 837	86 837	82 556	84 566	2 004	1 868	195	404
NOV	87 965	88 146	88 146	84 500	84 500	2 658	2 608	807	1 038
DIC	87 965	88 146	88 146	84 500	84 500	2 658	2 608	807	1 038
PROMEDIO			89 648	86 378	87 085	1 989	1 996	269	423

En la Tabla N° 4.11 se muestra el Segundo Escenario, considerando la mayor demanda coincidente del año 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda en Mina igual a 84,5 MW.

Se considera la mayor demanda coincidente del año 2008 de los suministros de Puerto Minero y SVC, considerando una máxima demanda de 84,5 MW para el suministro de Mina.

Para el caso de que la máxima demanda que pueda registrarse en los meses de noviembre y diciembre de 2008, sea similar a la mayor demanda del registrada en el periodo enero-octubre de año 2008, se observa, que la Demanda Máxima Promedio (DMP) del año 2008 no superaría los 90 MW, siempre y cuando la demanda en la mina no supere los 84,5 MW.

Tabla N° 4.11 Escenario 2, Mayor demanda coincidente del año 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda = 84,5 MW en la Mina

2008	TOTAL			MINA		PUERTO MINERO		SVC	
	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)
ENERO	90 677	93 487	93 487	88 776	91 501	1 747	1 891	154	95
FEB	89 914	91 044	91 044	87 687	88 472	1 930	2 095	298	477
MAR	90 221	90 719	90 719	88 057	88 786	1 993	1 836	171	97
ABR	91 154	91 451	91 451	88 693	88 726	2 117	2 337	343	388
MAY	89 685	92 625	92 625	87 758	90 880	1 786	1 520	141	225
JUN	93 994	92 268	93 994	92 116	90 344	1 757	1 921	121	2
JUL	87 251	87 945	87 945	85 418	85 836	1 774	1 581	58	529
AGO	85 055	85 847	85 847	83 078	83 663	1 948	1 787	29	397
SEP	84 983	85 536	85 536	83 391	83 246	1 490	1 899	103	392
OCT	84 755	86 837	86 837	82 556	84 566	2 004	1 868	195	404
NOV	86 960	87 225	87 225	84 500	84 500	2 117	2 337	343	388
DIC	86 960	87 225	87 225	84 500	84 500	2 117	2 337	343	388
PROMEDIO			89 495	86 378	87 085	1 898	1 951	192	315

En la Tabla N° 4.12 se muestra el Tercer Escenario, considerando la mayor demanda coincidente del año 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda en Mina igual a 86 MW. Bajo este escenario, la demanda en la mina puede incrementarse hasta 86 MW, sin que la Demanda Máxima Promedio (DMP) para el año 2008 supere los 90 MW como se puede observar en la Tabla N° 4.12.

Tabla N° 4.12 Escenario 3, Mayor demanda coincidente del año 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda = 86 MW en la Mina

2008	TOTAL			MINA		PUERTO MINERO		SVC	
	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)	P _{coinc.} HP (kW)	P _{coinc.} HFP (kW)
ENERO	90 677	93 487	93 487	88 776	91 501	1 747	1 891	154	95
FEB	89 914	91 044	91 044	87 687	88 472	1 930	2 095	298	477
MAR	90 221	90 719	90 719	88 057	88 786	1 993	1 836	171	97
ABR	91 154	91 451	91 451	88 693	88 726	2 117	2 337	343	388
MAY	89 685	92 625	92 625	87 758	90 880	1 786	1 520	141	225
JUN	93 994	92 268	93 994	92 116	90 344	1 757	1 921	121	2
JUL	87 251	87 945	87 945	85 418	85 836	1 774	1 581	58	529
AGO	85 055	85 847	85 847	83 078	83 663	1 948	1 787	29	397
SEP	84 983	85 536	85 536	83 391	83 246	1 490	1 899	103	392
OCT	84 755	86 837	86 837	82 556	84 566	2 004	1 868	195	404
NOV	88 460	88 866	88 866	86 000	86 000	2 117	2 337	343	529
DIC	88 460	88 866	88 866	86 000	86 000	2 117	2 337	343	529
PROMEDIO	88 717	89 624	89 768	86 628	87 335	1 898	1 951	192	339

En la Tabla N° 4.13 se muestra el Cuarto Escenario, considerando la mayor demanda coincidente de Julio a Octubre del 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda en Mina **mayor** a 84,5 MW.

Se considera la mayor demanda coincidente de julio a octubre de 2008 de los suministros de Puerto Minero (1 899 kW) y SVC (529 kW), considerando una máxima demanda igual a 87 MW para el suministro de Mina. Para este caso se observa que la Demanda Máxima Promedio (DMP) del año 2008 no superaría los 90 MW.

Tabla N° 4.13 Escenario 4, Mayor demanda coincidente de Julio a Octubre del 2008 en Puerto Minero y SVC, con máxima demanda en Mina mayor a 84,5 MW

2008	TOTAL			MINA		PUERTO MINERO		SVC	
	P _{máx} HP (kW)	P _{máx} HFP (kW)	P _{máx} (kW)	P _{coinc.} HP (KW)	P _{coinc.} HFP (KW)	P _{coinc.} HP (KW)	P _{coinc.} HFP (KW)	P _{coinc.} HP (KW)	P _{coinc.} HFP (KW)
ENERO	90 677	93 487	93 487	88 776	91 501	1 747	1 891	154	95
FEB	89 914	91 044	91 044	87 687	88 472	1 930	2 095	298	477
MAR	90 221	90 719	90 719	88 057	88 786	1 993	1 836	171	97
ABR	91 154	91 451	91 451	88 693	88 726	2 117	2 337	343	388
MAY	89 685	92 625	92 625	87 758	90 880	1 786	1 520	141	225
JUN	93 994	92 268	93 994	92 116	90 344	1 757	1 921	121	2
JUL	87 251	87 945	87 945	85 418	85 836	1 774	1 581	58	529
AGO	85 055	85 847	85 847	83 078	83 663	1 948	1 787	29	397
SEP	84 983	85 536	85 536	83 391	83 246	1 490	1 899	103	392
OCT	84 755	86 837	86 837	82 556	84 566	2 004	1 868	195	404
NOV	89 143	89 427	89 427	87 000	87 000	1 948	1 899	195	529
DIC	89 143	89 427	89 427	87 000	87 000	1 948	1 899	195	529
PROMEDIO	88 831	89 718	89 862	86 794	87 502	1 870	1 878	167	339

Resultados:

De los 4 análisis de sensibilidad, se puede concluir que, considerando el **escenario crítico (Escenario 1)** con mayores demandas en los suministros de (Puerto Minero + SVC)= 3,65 MW y **manteniendo una demanda <= 84,5 MW** en la Mina, la DMP no supera los 90 MW. Asimismo, considerando la demanda de los últimos 3 meses en los suministros de (Puerto Minero + SVC) = 2,43 MW, se podría disponer de una máxima demanda en la mina de 87 MW. Bajo este resultado se trabajará para ver la posibilidad de ahorro de energía por máxima demanda.

Propuesta por análisis de demanda (sistema de control de máxima demanda)

Con la finalidad de controlar la **máxima demanda (<84,5 MW)** en el suministro eléctrico de la Mina, dado el Contrato que la mina sostiene con la Generadora, se propone las siguientes alternativas:

- Control de operación de cargas
- Autogeneración propia de energía

Los criterios y datos considerados para las alternativas propuestas son:

- Estadística de las máximas demandas mensuales del año 2008.
- Costos de autogeneración con grupos electrógenos = 0,25 US\$/kWh (*)

- Análisis de los perfiles de carga: Totalizador y circuitos principales.
- Costo de compra de energía y potencia:

(*) Tomando como referencia los costos de generación con grupos electrógenos, se considera un costo variable de generación termoeléctrico de 0,25 US\$/kWh.

- Precio de la Potencia = 6,52 US\$/kW-mes (1)
- Precio por energía en Horas de Punta = 0,04718 US\$/kWh (1)
- Precio por energía en horas fuera de punta = 0,03232 US\$/kWh (1)
- Precio medio de la energía = 0,03542 US\$/kWh (2)

(1): Precio obtenido de la facturación de energía del mes de agosto 2008.

(2): Precio calculado efectuando el promedio del precio de la energía en Horas de Punta y horas fuera de punta, tomando en cuenta las horas de cada periodo.

a) Control de cargas

Para mantener la demanda del suministro de Mina menor a 84,5 MW se puede implementar un sistema manual o automático que permita controlar la demanda a un valor prefijado (84,5 MW).

Sistema Manual:

Para implementar el sistema manual se propone seguir el siguiente procedimiento:

- Instalar un controlador de máxima demanda automático, en principio con alarma sonora y/o visual.
- Debe haber un responsable que monitoree las señales del controlador de la demanda durante las 24 horas.
- Las cargas asumidas que debemos controlar en orden de prioridad se muestran en la Tabla N° 4.14.

Tabla N° 4.14 Cargas Propuestas a Controlar

Circuitos	Celdas Asociadas	Cargas (*)	Demanda kW	Periodo Max. a desconectar
C: Mina	Celda 9	Fuerza Motriz	200	2 hrs.
		Fuerza Motriz	1000	1 hr.
		Fuerza Motriz	450	1 hr.
E: Transformadores	Celda 12	Fuerza Motriz	700	2 hrs.
F: Campamento	Celda 13	2 Bombas de 125 HP	200	2 hrs.
		2 Bombas de (350+450 HP)	596	1 hr.
		Fuerza Motriz	185	2 hrs.
H: Aguas y Relave	Celda 15	4 Bombas de (1500+700+2x300HP)	1820	1 hr.
TOTAL (kW)			5151	

(*) Cargas asumidas en diferentes circuitos.

El responsable del monitorear el controlador, debe mantener una comunicación directa con los responsables de las cargas seleccionadas, para tener una respuesta inmediata

cuando el controlador active la alarma indicando que el valor de demanda proyectada en los próximos 15 minutos va superar el valor prefijado. Se recomienda que el tiempo de rechazo de carga sea menor a 2 minutos, a fin de evitar que la magnitud de la carga a rechazar se incremente si el tiempo de rechazo sea mayor.

Sistema Automático de Control de Demanda (SCD)

Sobre la base de la identificación de las cargas factibles de desconectar se considera la instalación de un equipo controlador automático de la máxima demanda.

El SCD debe monitorear en forma permanente el consumo directamente desde el medidor instalado en el lado de 220 kV de la Subestación Única. Esta información sería procesada en un controlador incorporado en el sistema de control.

De acuerdo a su lógica y a la información recibida el sistema comenzará, si es necesario, a desconectar las cargas preseleccionadas hasta alcanzar el nivel de demanda preestablecido. En la medida que la demanda total disminuya, el SCD automáticamente comenzará a reconectar los consumos, pero sin infringir los límites predefinidos. Esto le garantiza que en ningún instante superará la potencia máxima definida por el usuario.

b) Autogeneración Propia de Energía

Se evalúa los costos de operación de los grupos electrógenos considerando el caso hipotético que los tiempos de duración de los picos superen los tiempos máximos de desconexión de las cargas previstas y/o no se pueda realizar el control manualmente las cargas propuestas en la Tabla N° 4.14.

Considerando que es posible tener la señal del medidor totalizador en (23 kV) de la mina, se debe programar una **alerta** mediante una señal visual y/o audible en el Centro de Control cuando se sobrepase la demanda prefijada (84 MW) y responsabilizar al operador de comunicar inmediatamente al encargado de la mina para que arranque los grupos electrógenos. En caso de que hubiera demora en el arranque de los grupos electrógenos (>3 minutos) se propone desconectar las cargas asociadas a las Celdas 13 y 15 Sistema de Bombas de la Tabla N° 4.14.

La cantidad de grupos electrógenos adecuados para atender estas cargas son 3 y se muestran en la Tabla N° 4.15, estos pueden entregar hasta 4,2 MW. En esta tabla se muestra también los costos estimados de operación mensual de cada grupo y en diversos horarios.

Tabla N° 4.15 Cantidad de Grupos y Costos de Operación

Generando con	Potencia Generada	Costo generación US\$/kWh	Costo de operación mensual en US\$				
			50 hrs/mes	150 hrs/mes	300 hrs/mes	400 hrs/mes	720 hrs/mes
1 generador	1 400	0,25	17 500	52 500	105 000	140 000	252 000
2 generadores	2 800	0,25	35 000	105 000	210 000	280 000	504 000
3 generadores	4 200	0,25	52 500	157 500	315 000	420 000	756 000

Nota: Tomando como referencia los costos de generación con grupos electrógenos en otras unidades mineras similares, se considera un costo variable de generación termoeléctrica de 0,25 US\$/kWh.

En la tabla anterior se puede observar el caso crítico de autogeneración mensual de 720 horas con 3 grupos electrógenos, el gasto por autogeneración es de 0,756 millones de dólares.

Dado los datos mostrados anteriormente, en los últimos 3 meses, no se ha presentado picos de demanda > 84,5 MW, considerando que se mantenga esta tendencia en los meses de noviembre y diciembre, no sería necesaria la autogeneración en la mina, además que resulta costoso ver la aplicación de uso de grupos electrógenos.

Acciones por análisis de demanda

- Para evitar el pago mayor por refacturación anual (>90 MW) debido al incremento de la Demanda Máxima Promedio Anual, se debe implementar un sistema de Control de Demanda Manual o Automático, considerando las cargas seleccionadas a controlar en la Tabla N° 4.14.
- Lo más recomendable es evitar en lo posible el control de la demanda mediante la autogeneración, dado los costos elevados de la autogeneración (0,25 US\$/kWh) por lo que se debe mantener la demanda que se registró en la mina de los últimos 3 meses (agosto, septiembre y octubre).
- Del análisis de sensibilidad, podemos concluir que, considerando el **escenario crítico (Escenario 1)** con mayores demandas en los suministros de Puerto Minero y SVC y manteniendo una demanda < 84,5 MW en la mina, la DMP no supera los 90 MW. Asimismo, considerando la demanda de los últimos 3 meses < 2,43 MW en los suministros de Puerto Minero y SVC, se podría tener una máxima demanda en la mina de hasta 87 MW.

Estimación de Ahorros por sistema de control de máxima demanda

En la Tabla N° 4.16 se muestra la estimación de ahorros por control de la máxima demanda (en base a los datos de consumo de 2008, valores asumidos) se considera una demanda límite de 88 MW de enero a junio 2008, donde se puede apreciar reducción de potencia de hasta 4,1 MW en el mes de junio, se observa una reprogramación del límite de demanda desde el mes de julio de 84,5 MW dado la reducción de la demanda en el Circuito B (molinos).

Inversión: Se estima una inversión en el sistema de control de demanda SCD de US\$ 25 000 (aproximado) este incluye instalación y capacitación. El SCD es un dispositivo de control automáticamente comenzará a reconectar los consumos, pero sin infringir los límites predefinidos.

Tabla N° 4.16 Estimación de Ahorros por Control de la Máxima Demanda

2008	TOTAL			
	Pmáx HP (kW) mina	Demanda máxima controlada (kW)	Reducción de Potencia (kW)	Ahorro mensual (US\$)
ENERO	88,776	88,000	776	5,058
FEB	87,687	88,000	0	0
MAR	88,057	88,000	57	369
ABR	88,693	88,000	693	4,519
MAY	87,758	88,000	0	0
JUN	92,116	88,000	4,116	26,837
JUL	85,418	84,500	918	5,988
AGO	83,078	84,500	0	0
SEP	83,391	84,500	0	0
OCT	82,556	84,500	0	0
NOV				
DIC				
TOTAL - ANUAL				42,772

NOTA: Se ha considerado el costo de potencia de 6,52 US\$/kW-mes

Ahorro Económico Total = 42 772 US\$/año

4.8.2 Control de cargas en Horas de Punta (Desplazamiento de cargas)

Con la finalidad de reducir los pagos por máxima demanda leída en Horas de Punta, se identifica un grupo de cargas que puedan desplazarse fuera de horas de punta, en campo se debe realizar encuestas a los encargados de las diferentes áreas y analizar los diagramas de carga diario, a fin de determinar su factibilidad de no operar en horas de punta (18:00 a 23:00 horas) sin afectar la producción normal.

Los procesos o cargas que tomaremos como referencia con valores asumidos de potencia, para efectos de cálculo y suponiendo que pueden modular su demanda en Horas de Punta de la mina, son:

- Circuito H, Celda 15 (agua recuperada)** 4 Bombas (1500+700+2x300) HP se prevee un ahorro de 1820 kW trabajando fuera del horario (18:00 a 23:00) es decir parando 5 hrs.
- Circuito F, Celda 13 (campamento)** 2 Bombas (300+200) HP se prevee un ahorro de 345 kW trabajando fuera del horario (18:00 a 23:00) es decir parando 5 hrs. Además en esta celda se prevee ahorro de 185 kW por el sector lavandería (máquinas lavadoras y secadoras).
- Circuito C, Celda 9, (mina-chancadora)** en Fuerza Motriz se prevee ahorro de 450 kW, por desplazamiento de cargas en horarios fuera de punta.
- Circuito H, Celda 15 (agua fresca)** se tiene 2 bombas de 125 HP, se prevee ahorro de 200 kW.

En resumen se presenta un ahorro en potencia de 3000 kW.

Acciones por desplazamiento de cargas

Las acciones que se debe tomar en cuenta para llevar a cabo dicha mejora son los siguientes:

- Instruir al personal operativo en el modo de operación recomendado, indicando los beneficios que producirá para la empresa; se programará la operación de cada una de las plantas considerando la reducción de la potencia en Horas de Punta indicada de las cargas a desplazar.
- Reprogramar los parámetros de control de los motores seleccionados del sistema asociado a la reducción de la máxima demanda y/o Instalar como respaldo interruptores horario (timmer) en los tableros de las plantas de Chancadoras y Lavandería, con la finalidad de evitar la operación en Horas de Punta. Dichos timmer deberán ser de estado sólido con reserva de marcha de por lo menos 100 horas, que garantice su operación de acuerdo al programa establecido.

Estimación de Ahorros por desplazamiento de cargas

En la Tabla N° 4.17 se muestra la estimación de ahorros por desplazamiento de cargas (en base a los datos de consumo de 2008, valores asumidos), se considera reducción de potencia mensual de 3 000 kW.

Ahorro en máxima demanda= 3 000 kW x 6,52 US \$/kW-mes x12 mes

$$\text{Ahorro Económico} = 234\,720 \text{ US\$/año.....(a)}$$

Tabla N° 4.17 Estimación de Ahorros por Desplazamiento de Cargas

2008	Pmáx HP (kW)	Reducción de Potencia (kW)	Demanda Proyectada (kW)	Ahorro mensual (US\$)
ENERO	90 677	3 000	87 677	19 560
FEB	89 914	3 000	86 914	19 560
MAR	90 221	3 000	87 221	19 560
ABR	91 154	3 000	88 154	19 560
MAY	89 685	3 000	86 685	19 560
JUN	93 994	3 000	90 994	19 560
JUL	87 251	3 000	84 251	19 560
AGO	85 055	3 000	82 055	19 560
SEP	84 983	3 000	81 983	19 560
OCT	84 755	3 000	81 755	19 560
NOV		3 000		19 560
DIC		3 000		19 560
TOTAL - ANUAL				234 720

NOTA: Se ha considerado el costo de potencia de 6,52 US\$/kW-mes

Debemos considerar también el ahorro desde el punto de vista energético, considerando 1 500 horas de punta /año de operación y la diferencia de costos (HP – HFP) = 0,01486 US\$/kWh:

Ahorro de energía = 3 000 kW x 1 500 h/año = 4 500 000 kWh/año

Ahorro económico = 4 500 000 kWh/año x 0,01486 US \$/kWh

Ahorro económico = 66 870 US\$/año.....(b)

Ahorro Económico Total (a+b) = 301 590 US\$/año

Inversión: La inversión en 5 timmer es de aproximadamente US\$ 2 000.00, este costo incluye la instalación y pruebas respectivas.

4.8.3 Desconexión de un Compensador Síncrono (CS) en la Barra de 23 kV

En la Mina Única, se consideran dos compensadores síncronos conectados a la barra de 23 kV los mismas que sirven para controlar el factor de potencia del sistema en 0,96.

Asumiremos que trabajando los dos CS, tienen un consumo de 135 kW, en la práctica, este dato debe ser reportado del diagrama de cargas, y cuando solo está conectado un CS su consumo es 175 kW.

Considerando el consumo propio de un compensador síncrono de 135 kW y el incremento del consumo propio del CS que quedaría operando a 175 kW, se tendría una reducción en la potencia del sistema de compensación síncrona de (135–40) kW=95 kW.

Por otra parte, al desconectar un CS no se pierde control de tensión en la barra de la SE Única 23 kV, debido a la actuación del otro CS y tap del transformador de potencia.

Estimación de Ahorros por desconexión de un CS:

Reducción de pérdidas promedio (kW) = 95 kW

Ahorro energético considerando 8 640 horas/año de operación:

Ahorro de energía = 95 kW x 8640 h/año = 820 800 kWh/año

Ahorro económico = 820 800 kWh/año x 0,03542 US \$/kWh

Ahorro económico = 29 073 US\$/año

Ahorro en máxima demanda= 95 kW x 6,52 US \$/kW-mes x12 mes

Ahorro económico = 7 433 US\$/año

Ahorro Económico total = 36 506 US\$/año

Inversión: No se considera inversión ya que la reprogramación de los parámetros del compensador síncrono lo puede realizar el personal de la mina y puede considerarse como gastos de mantenimiento.

4.8.4 Regulación de Tensión en Campamentos

En campamentos suele ocurrir que los registros de tensión realizados en cada una de las subestaciones de distribución (SED) se obtiene tensiones promedio de 231V, asimismo en las mediciones puntuales realizadas en cada uno de los módulos de campamentos se suele registrar tensiones que varían de 224 a 227 V. La norma técnica de calidad de servicios eléctricos ⁷⁷ NTCSE, establece que la caída de tensión máxima no debería exceder el 5% respecto a la tensión nominal (220 V), es decir 209 V.

Por lo que se debe reducir la tensión de todo el sistema eléctrico de campamentos en 5%, es decir bajar la tensión promedio de 224V a 213V, lo cual no afectara considerablemente la operación normal de los equipos eléctricos, con esta medida se estima una reducción en el consumo de energía de 5%.

De acuerdo a las características nominales de operación de las lámparas, termas, calefactores y motores eléctricos, el consumo de energía de estos equipos varían con la tensión de suministro; por ejemplo, para lámparas fluorescentes y vapor de sodio una disminución en la tensión del 5% respecto a la nominal se tiene una disminución del 10% y 5% respectivamente en el consumo de potencia. Asimismo, es conocido que una tensión muy elevada (>10%) puede dañar el aislamiento de los equipos o saturar los transformadores.

Se asume que por reducción de tensión en 5%, representaría un ahorro en consumo en cargas como lámparas, calefactores, termas de 74 kW.

Estimación de Ahorros por Regulación de Tensión

Ahorro energético considerando 8640 horas/año de operación y un factor de carga de 0,68:

$$\text{Ahorro de energía} = 74 \text{ kW} \times 8640 \text{ h/año} = 648\,240 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Ahorro económico} = 648\,240 \text{ kWh/año} \times 0,03542 \text{ US \$/kWh}$$

$$\text{Ahorro económico} = 22\,961 \text{ US\$/año}$$

Ahorro en potencia considerando una demanda promedio de 74 kW.

$$\text{Ahorro en máxima demanda} = 74 \text{ kW} \times 6,52 \text{ US \$/kW-mes} \times 12 \text{ mes}$$

$$\text{Ahorro económico} = 5\,790 \text{ US\$/año}$$

$$\text{Ahorro Económico Total} = 28\,750 \text{ US\$/año}$$

Inversión: No se considera inversión, ya que el cambio de taps lo puede realizar el personal de la mina.

4.8.5 Control de las horas de operación del sistema de ventilación de Salas Eléctricas

Para mantener la temperatura de las salas eléctricas dentro de un nivel adecuado, se tiene sistemas de ventilación forzada, el sistema consta de ventiladores accionados por motores, los cuales inyectan aire del exterior, a las salas, manteniendo la temperatura entre 17°C a 22°C.

En esta parte juega papel importante los datos de temperatura y humedad de la zona donde se ubica la mina, se debe solicitar datos de SENAMHI u otra institución que brinde la información, es más la minera debe contar con equipos que provean esta información; por ejemplo en las tardes entre las 18:00 a 6:00 hrs, las temperaturas son bajas, aquí puede aprovecharse en evitar el uso de ventiladores.

Asumiendo que la minera cuenta con seis salas eléctricas y para cada una se tiene ventiladores cuya demanda por cada equipo es 14,6 kW.

Ahorro de energía (por equipo-año): $14,6 \text{ kW} \times 360 \text{ días} \times 12 \text{ horas} = 63 \text{ 072 kWh/año}$

Ahorro de energía por todos los equipo al año es = $6 \times 63 \text{ 072} = 378 \text{ 432 kWh.año}$

Estimación de Ahorros por Regulación de Tensión

Ahorro económico = $378 \text{ 432 kWh/año} \times 0,03542 \text{ US \$/kWh}$

Ahorro económico = $13 \text{ 404 US\$/año}$

Ahorro en máxima demanda= $87,6 \text{ kW} \times 6.52 \text{ US \$/kW-mes} \times 12 \text{ mes}$

Ahorro económico = $6 \text{ 854 US\$/año}$

Ahorro Económico Total = $20 \text{ 258 US\$/año}$

Inversión: Se considera una inversión de US\$ 2 000,00 (reprogramación de temperatura de seteo de las salas), incluye el costo de instalación y pruebas respectivas.

4.8.6 Control de Operación de Calefactores Radiantes

Muchas mineras cuentan con calefactores radiantes, los cuales se tienen encendidos las 24 horas, y en muchos casos las puertas de los talleres permanecen abiertas durante el día y en la noche una puerta casi siempre permanece abierta.

Debido a este modo de operación el efecto del calor producido por los calefactores se disipa rápidamente, sin lograr el incremento de la temperatura que se había proyectado, razón por la cual se propone desconectar los calefactores, se puede considerar reconectar en las noches de los meses de invierno, para lo cual previamente se tendría que mejorar la condición de aislamiento térmico de las puertas de acceso a los talleres y ventanas.

En la Tabla N° 4.18, mostramos la cantidad de calefactores por taller que están siendo utilizados inadecuadamente, con datos de potencia y máxima demanda asumidos.

Tabla N° 4.18 Detalle del Sistema de Calefacción de Talleres

Área	Cantidad Calefactores	Potencia Instalada (kW)	Máxima Demanda (kW)
Taller 1	22 x 6 kW	132	84
Taller 2	8 x 4,5 kW	36	22,5
Total		168	106,5

Asumiendo que en el horario de 23:00 a 7:00 hrs, el uso de calefactores es imperceptible, entonces se puede prescindir de los equipos, y considerando 365 días de operación al año, equivalente a 8 760 horas, se pueden obtener los siguientes ahorros:

Ahorro en Energía Activa:

Ahorro Energético = $106,5 \text{ kW} \times 8 \text{ 760 horas/año} = 932 \text{ 940 kWh/año}$

Ahorro Económico = $932 \text{ 940 kWh/años} \times 0,03542 \text{ US\$/KWh}$

Ahorro Económico = 33 045 US\$/año

Ahorro por reducción de Máxima Demanda en Horas de Punta:

Ahorro por Máx. Demanda = 106,5 kW x 6,52 US\$/kW-mes x 12 meses

Ahorro Económico = 8 333 US\$/año

Por tanto, el ahorro económico total por desconexión de calefactores es:

Ahorro Económico Total = 41 378 US\$/año

Inversión: Mejorar el aislamiento térmico de los talleres (reparación de aberturas, sellos en las puertas, con lo cual se mejorará la temperatura al interior del taller y evitar el uso de los calefactores innecesariamente.

4.8.7 Reconexión de instalaciones eléctricas

En esta parte vamos a suponer que se tiene un **transformador** y una **electrobomba** operando con grupos electrógenos, la idea es conectarlos a la red de la Mina, bajo ciertas condiciones y criterios.

a) Transformador 1500 KVA, 23/0,48 kV:

Este proyecto de eficiencia energética consiste en reconectar a la red eléctrica de la mina en 23 kV, la subestación de potencia 1500 KVA, y así evitar la operación con grupo electrógeno de 900 kW, por el hecho que se tiene la línea eléctrica de 23 kV a una distancia aproximada de 0,5 km. con suficiente capacidad para abastecer la carga actual de 300 kW. El transformador tiene una máxima demanda en horas punta de 286,7 kW y una demanda promedio de 162 kW (asumidos), por otro lado, los datos de consumo de petróleo mensual de 13 045 galones (valor promedio para un grupo de 900 kW)

Cálculo del costo de operación con grupo electrógeno:

Consumo mensual: 13 045 gln

Costo de combustible D2: 9 soles/gln = 3 US\$/gln

Total monto mensual de operación con grupo: US\$ 39 135(a)

Nota: El monto total no se ha considerado los costos de mantenimiento y lubricantes, con lo cual se obtiene un costo unitario de 0,35 US\$/kWh.

Cálculo del costo de operación con conexión a la red eléctrica.

Máxima demanda	: 287 kW
Energía total consumida	: 112 282 kW.h/mes
Costo unitario de energía	: 0,03542 US\$ / kWh
Costo unitario de potencia	: 6,52 US\$/ kW-mes
• Monto por potencia (kW)	: US\$ 1 871
• Monto por energía (KW.h)	: US\$ 3 977
• Total facturación: US\$ 5 848.....(b)	
Ahorro Económico Mensual (a-b)	= US\$ 33 287

Ahorro Económico Total = 399 444 US\$/año

Inversión: Para obtener este ahorro se tendrá que extender la red desde la subestación más cercana, estimándose una distancia de 0,5 km hasta la ubicación del transformador de 1500 KVA. La inversión es de aproximadamente **US\$ 12 000**.

De la evaluación económica resulta que el retorno de la inversión simple será:

$$\text{R.I.} = (\text{US\$12 000} / \text{US\$399 444}) * 12 = 1 \text{ mes}$$

b) Electrobomba

Este proyecto consiste en conectar a la red eléctrica de la mina, la bomba de un pozo, la misma que viene operando con un grupo electrógeno de 570 kVA, para lo cual se deberá implementar una subestación compacta de 500 kVA -7.2kV/0,48 kV y evitar la operación con grupo electrógeno. La bomba se encuentra a una distancia 0,6 km de la línea eléctrica en 7,2 kV y tiene una máxima demanda en horas punta de 189 kW y una demanda promedio de 188 kW (valore asumidos); asimismo, de los datos de consumo de grupos electrógenos similares de 570 KVA se estima un consumo promedio mensual de 13 000 galones.

Cálculo del costo de operación con grupo electrógeno:

Consumo mensual: 13 000 gln

Costo de combustible D2: 9 soles/gln = 3 US\$/gln

Total monto mensual de operación con grupo: 39 000 US\$.....(a)

Nota: No se ha considerado los costos de mantenimiento y lubricantes.

Cálculo del costo de operación con conexión a la red eléctrica.

Máxima demanda: 189 kW

Energía total consumida : 135 600 kW.h/mes

Costo unitario de energía : 0,03542 US\$ / kWh

Costo unitario de potencia : 6,52 US\$/ kW-mes

- Monto por potencia (kW.) : US\$. 1 232

- Monto por energia (kW.h) : US\$. 4 803

Total facturación: US\$ 6 035.....(b)

Ahorro Económico Mensual (a-b) = US\$ 32 965

Ahorro Económico Total = 395 580 US\$/año

Inversión: Para obtener dicho ahorro se tendrá que extender la red en 7,2 kV desde la subestación más cercana, estimándose una distancia de 0,6 km hasta la ubicación del pozo donde se instalara una nueva Subestación de 500 kVA – 7,2/0,48 kV.

La inversión es de aproximadamente **US\$ 60 000** (mil dólares americanos).

De la evaluación económica resulta que el retorno de la inversión simple será:

$$\text{R.I.} = (\text{US\$60 000} / \text{US\$395 580}) * 12 = 2 \text{ meses}$$

4.8.8 Disminución de la presión de aire en compresoras

Energéticamente hablando, el aire comprimido resulta el servicio más caro en una planta y debido a su rápida disponibilidad resulta simple de usar, a menudo es utilizado en aplicaciones inapropiadas en donde usar otras fuentes sería más económico.

Por lo anterior, es necesario tener un control del sistema de generación y distribución de aire comprimido.

La propuesta de mejora, está relacionado a reducir la presión de generación de aire comprimido, sabemos que a mayor presión mayor será el consumo de energía; por ello, es importante asegurarse de que el diseño del sistema de aire comprimido no haya considerado únicamente los requerimientos de presión máxima, sobre todo cuando algunos usuarios serán los que la utilicen a estos niveles. Las ventajas de reducir la presión en el sistema, es que estas se reducen proporcionalmente a los niveles de fugas, ya que el nivel de fuga es alto en un sistema que trabaja a alta presión; por otro lado, también se reducen los costos de operación global, además, de que el desgaste o deterioro del compresor es menor a baja presión.

Aumenta la vida útil de instrumentos, válvulas, etc., ya que la presión alta tiende frecuentemente a dañar las uniones, empaques, etc., y en algunos casos se reduce la inversión al no tener que comprar válvulas reductoras.

Se estima que reduciendo la presión de operación de los compresores se reduce su carga y potencia eléctrica. En la Figura N° 4.10 se puede observar que para una reducción de la presión de descarga de 110 a 106 PSI, la potencia de salida del compresor se reduce 2,0%.

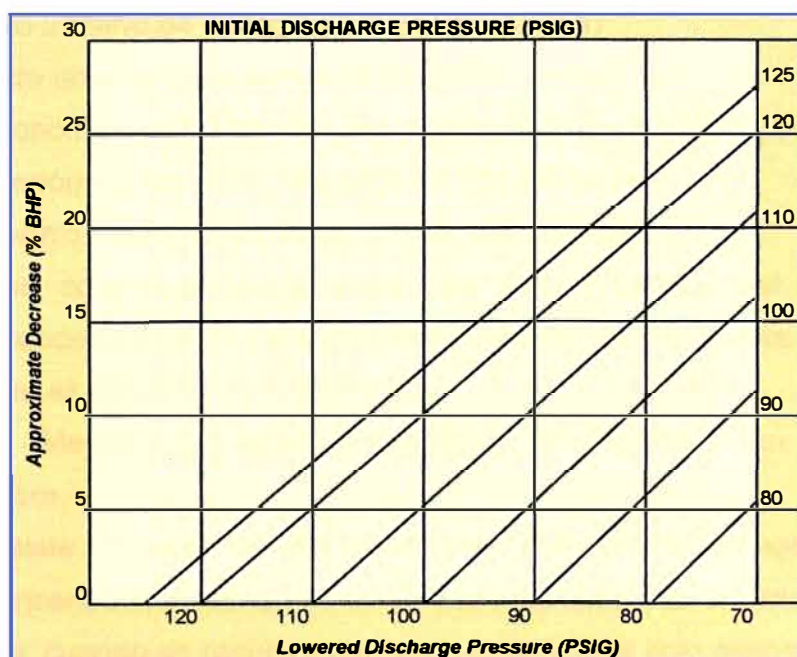


Fig. N° 4.10 Reducción de la Potencia VS Reducción de la Presión

En la Figura N° 4.11 se observa un mayor consumo específico a medida que se aumenta la presión de descarga del compresor.

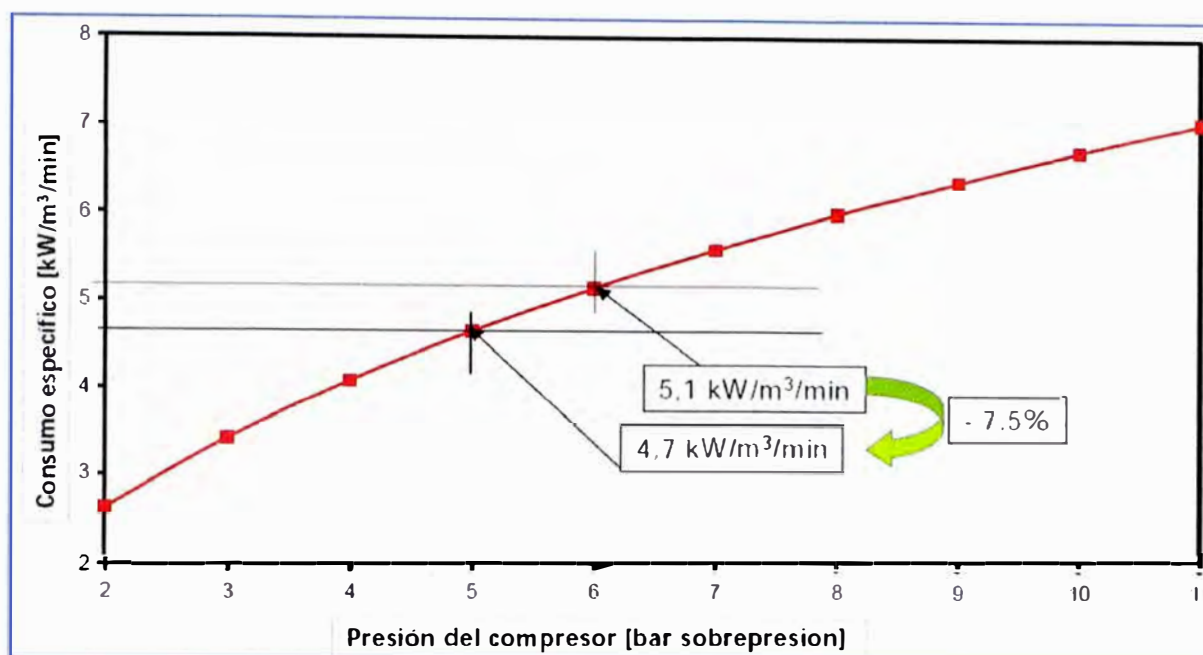


Figura N° 4.11 Consumo Específico vs Presión

El ahorro anual se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$P_m \times H \times \%A \times C_f + P_m \times \%A \times C_p \times 12 \quad (1.1)$$

Donde: P_m = Potencia media de compresores en kW ($P_m=1\,318$ kW, asumido)

H = Horas de operación anual (8 640)

$\%A$ = Reducción de potencia estimada (2%)

C_f = Costo unitario de energía (0,03542 US\$/kWh)

C_p = Costo unitario de potencia (6,52 US\$/kW-mes)

Ahorro económico = $1\,318 \times 8\,640 \times 0,02 \times 0,03542 + 1\,318 \times 0,02 \times 6,52 \times 12$

Ahorro económico anual = $8\,067 + 2\,062$ US\$/año

Ahorro Económico Total = 10 129 US\$/año

Inversión: No se considera ningún costo, ya que el cambio del set point de las compresoras lo puede realizar el personal de mantenimiento de la mina.

4.8.9 Mejoras en el Sistema de Iluminación

a) **Mejora 1:** Mejora por control operativo de lámparas en almacén de la concentradora.

Esta mejora consiste en hacer un uso racional del sistema de iluminación del área del almacén de la concentradora, donde se suele tener las lámparas encendidas las 24 horas innecesariamente, cuando se requiere que sean encendidas solo cuando estén en uso (6 horas).

Asumiendo que en esta área existen 202 lámparas fluorescentes de 40 W, 55 lámparas de vapor de sodio de 400 W y 18 lámparas de halogenuro de 400 W, haciendo un total de potencia instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (202 \times 40 + 55 \times 400 + 18 \times 400) / 1000 \text{ kW} = 37,28 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima un ahorro en el consumo de energía de: $41,01 \text{ kW} \times 6\,480 \text{ horas} = 265\,732 \text{ kWh}$.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 265\,732 = 9\,412 \text{ US\$/año}$$

b) Mejora 2: Mejora por control operativo de lámparas en almacén del comedor.

Esta mejora consiste en hacer un uso racional del sistema de iluminación del área del almacén del comedor, de igual modo se suele encontrar lámparas encendidas las 24 horas, cuando se requiere que sean encendidas solo cuando estén en uso (12 horas).

Asumiendo que en esta área existen 192 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (192 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 7,68 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima un ahorro en el consumo de energía de: $8,45 \text{ kW} \times 4\,320 \text{ horas} = 36\,495 \text{ kWh}$.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 36\,495 = 1\,292 \text{ US\$/año}$$

c) Mejora 3: Aprovechamiento de Luz Natural en almacén del comedor.

Esta mejora consiste en aprovechar la luz natural, para lo cual será necesario realizar cambios en el diseño de los techos del almacén, para ello se deberá de reemplazar parte de los techos que por lo general son metálicos o de etemit, por planchas translucidas, también se puede aplicar en las paredes de ciertas áreas, lo que permitirá una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, por tanto, un ahorro sustancial de energía, en dichos ambientes.

Asumiendo que en esta área existen 192 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (192 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 7,68 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: $8,45 \text{ kW} \times 8\,640 \text{ horas} = 72\,991 \text{ kWh/año}$. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 60%; siendo los ahorros asociados al periodo de día con luz natural (de 8:00 a 17:00 horas), equivalente a 9 horas/día y 8 meses que puede evitarse el encendido de lámparas (no se considera los días nublados que comúnmente se aprecia en 4 meses con lluvias durante el año).

Por lo tanto, el ahorro anual de energía será del orden de los $18\,242 \text{ kWh/año}$.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 18\,242 = 646 \text{ US\$/año}$$

Además, de crear un ambiente agradable, el aprovechamiento de la luz natural permite una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, por tanto, un ahorro sustancial de energía, ya que en determinados momentos, y con un buen diseño, permite reducir el uso de iluminación artificial.

Inversión: Se estima una inversión de US\$ 1000.00 por implementación de planchas de policarbonato translúcido, con lo cual se tiene un periodo de retorno simple de la inversión menor a 2 años.

En la Figura N° 4.12 se muestra la utilización de las planchas translúcidas de policarbonato, aplicado a techos.



Fig. N° 4.12 Techos translúcidos en almacenes

d) Mejora 4: Mejora por control operativo de lámparas del comedor

Esta mejora consiste en hacer un uso racional del sistema de iluminación del área del comedor, donde las lámparas se encuentran encendidas desde las 04:00 horas hasta las 24:00 horas, cuando se requiere que sean encendidas solo cuando estén en uso.

Asumiendo que en esta área existen 71 lámparas fluorescentes de 36 W y 504 lámparas fluorescentes de 40 W, haciendo un total de potencia instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (71 \times 36 + 504 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 22,72 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima un ahorro en el consumo de energía de: $24,99 \text{ kW} \times 3\,600 \text{ horas} = 89\,955 \text{ kWh}$.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 89\,955 = 3\,186 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se considera una inversión mínima en letreros, afiches, charlas de concientización de uso eficiente de iluminación, que puede ser considerado como gastos de mantenimiento.

e) Mejora 5: Aprovechamiento de Luz Natural en el comedor

Esta mejora consiste en aprovechar la luz natural, para lo cual será necesario realizar cambios en el diseño de los techos del almacén, para ello se deberá de reemplazar parte de los techos que por lo general son metálicos o de etemit, por planchas translúcidas, también se puede aplicar en las paredes de ciertas áreas, lo que permitirá una considerable reducción del consumo de energía eléctrica y, por tanto, un ahorro sustancial de energía, en dichos ambientes. Asumiendo que en esta área existen 71 lámparas fluorescentes de 36 W y 504 lámparas fluorescentes de 40 W, haciendo un total de potencia instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (71 \times 36 + 504 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 22,72 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: 24,99 kW x 8640 horas = 215 893 kWh/año. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 60%; siendo los ahorros asociados al periodo de día con luz natural (de 8:00 a 17:00 horas), equivalente a 9 horas/día y 8 meses que puede evitarse el encendido de lámparas (no se considera los días nublados que comúnmente se aprecia en 4 meses con lluvias durante el año).

Por lo tanto, el ahorro anual de energía es del orden de los 53 978 kWh/año.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 53\ 978 = 1\ 912 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se estima una inversión de **US\$ 3000.00** por implementación de planchas de policarbonato translúcido, con lo cual se tiene un periodo de retorno simple de la inversión menor a 2 años.

En la Figura N° 4.13 se muestra la utilización de las planchas translúcidas de policarbonato, aplicado a paredes.



Fig. N° 4.13 Ventanas translúcidas en plantas o almacenes

f) Mejora 6: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la zona de la subestación principal

Esta mejora tiene como objetivo instalar detectores de presencia que enciendan la iluminación cuando detectan movimiento y lo mantengan durante un tiempo programado. Se deben instalar en zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo. Asumiendo que en esta área existen 120 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (120 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 4,8 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: 5,28 kW x 8 640 horas = 45 619 kWh/año. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 80%. Por lo tanto, el ahorro anual de energía es del orden de los 36 495 kWh/año.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 36\,495 = 1\,293 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se considera una inversión mínima en la implementación de sensores de presencia, incluye la adecuación de control de encendido

g) Mejora 7: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la zona de flotación

Esta mejora tiene como objetivo instalar detectores de presencia que enciendan la iluminación cuando detectan movimiento y lo mantengan durante un tiempo programado. Se instalaran en zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo. Asumiendo que en esta área existen 408 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (408 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 16,32 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: 17,95 kW x 8 640 horas = 155 088 kWh/año. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 80%. Por lo tanto, el ahorro anual de energía es del orden de los 124 070 kWh/año.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 124\,070 = 4\,395 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se considera una inversión mínima en la implementación de sensores de presencia, incluye la adecuación de control de encendido

h) Mejora 8: Mejora por utilización de sensores de presencia o movimiento en la zona de la subestación de compresoras.

Esta mejora tiene como objetivo instruir al personal en el apagado de las lámparas cuando no se utilice dicha sala o instalar detectores de presencia que enciendan la

iluminación cuando detectan movimiento y lo mantengan durante un tiempo programado.

Se estima un tiempo de uso de 5 horas/día

Asumiendo que en esta área existen 60 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (60 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 2,4 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: 2,64 kW x 8 640 horas = 22 810 kWh/año. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 80%. Por lo tanto, el ahorro anual de energía es del orden de los 18 248 kWh/año

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 18\ 248 = 646 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se considera una inversión mínima en la implementación de sensores de presencia, incluye la adecuación de control de encendido

i) Mejora 9: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la sala de Molinos

Esta mejora tiene como objetivo instalar detectores de presencia que enciendan la iluminación cuando detectan movimiento y lo mantengan durante un tiempo programado. Se deben instalar en zonas de paso o permanencia de personas durante poco tiempo.

Asumiendo que en esta área existen 180 lámparas fluorescentes de 40 W, siendo la potencia total instalada de:

$$\text{Pot. Inst.} = (180 \times 40) / 1000 \text{ kW} = 7,2 \text{ kW}$$

Considerando el consumo adicional en equipos auxiliares en cada lámpara, se estima que el consumo anual de energía de esta área es de: 7,92 kW x 8 640 horas = 68 429 kWh/año. El ahorro energético conseguido al instalar este tipo de sistemas se estima en el orden de un 80%. Por lo tanto, el ahorro anual de energía es del orden de los 54 743 kWh/año.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 54\ 743 = 1\ 918 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se considera una inversión mínima en la implementación de sensores de presencia, incluye la adecuación de control de encendido

j) Mejora 10: Reemplazo de fluorescentes de 40 W por 36 W

Reemplazar las lámparas de 40 W por lámparas de 36 W, permite ahorrar 4 W por lámpara instalada. Estas lámparas poseen similar flujo luminoso y la misma cantidad de horas de vida útil.

En todo el área de campamentos y planta concentradora se asume en total que existen 5 971 lámparas fluorescentes de 40 W encendidas durante el día en algunos casos y durante toda la noche en otras áreas; las cuales, deben ser reemplazadas

progresivamente por fluorescentes de 36 W; siendo el periodo de operación diario promedio de 12 horas, se tiene 4 320 horas/año.

El ahorro de energía consumida anual, será: $0,004 \times 1,1 \times 4\,320 \times 5\,971 = 113\,497$ kWh/año.

$$\text{Ahorro económico} = 0,03542 \times 113\,497 = 4\,020 \text{ US\$} \dots (a)$$

Reducción de la máxima demanda:

El ahorro en la reducción de la máxima demanda, será: $0,004 \times 1,1 \times 5\,971 = 26$ kW.

Ahorro en máxima demanda = $26 \text{ kW} \times 6,52 \text{ US \$/kW-mes} \times 12 \text{ mes}$

$$\text{Ahorro económico} = 2\,034 \text{ US\$/año} \dots (b)$$

$$\text{Ahorro Económico Total (a+b)} = 6\,054 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Se deberá implementar esta mejora como una actividad programada de mantenimiento de las instalaciones eléctricas, es decir que se ejecuten los cambios de lámparas de 40 W por las de 36 W, en forma progresiva a medida que las de 40 W, se vayan quedando inoperativas.

En la Tabla N° 4.19, se resume el potencial de ahorros, como consecuencia de la implementación de las mejoras en los sistemas de iluminación de la mina.

En realidad los valores mostrados en la Tabla N° 4.19 pueden incrementarse en una Mina, realizando campaña de mentalización al personal en el uso racional de los sistemas de iluminación, mejoramiento de los sistemas de control del encendido (manual y automático) y optimización de los equipos por otros de mayor eficiencia lumínica.

Tabla N° 4.19 Mejoras en Iluminación y potencial de ahorro anual

AMBIENTE	AHORRO EN ENERGÍA (kWh)	AHORRO ECONÓMICO (US\$)
Mejora 1: Mejora por control operativo de lámparas en almacén de la concentradora	265732	9412
Mejora 2: Mejora por control operativo de lámparas en almacén del comedor	36495	1292
Mejora 3: Aprovechamiento de Luz Natural en almacén del comedor	18242	646
Mejora 4: Mejora por control operativo de lámparas del comedor	89955	3186
Mejora 5: Aprovechamiento de Luz Natural en el comedor	53978	1912
Mejora 6: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la zona de la subestación principal	36495	1293
Mejora 7: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la zona de flotation	124070	4395
Mejora 8: Mejora por mejor control o utilización de sensores de presencia o movimiento en la zona de la subestación de compresoras	18248	646
Mejora 9: Mejora por utilización de los detectores de presencia o movimiento en la sala de molinos	54743	1918
Mejora 10: Reemplazo de fluorescentes de 40 W por 36 W	113497	6054
TOTAL	811455	30754

4.8.10 Implementación de Timmer en las Termas de campamentos

En la Tabla N° 4.20, mostramos la cantidad de termas con que cuenta la Minera Única, con datos de potencia y máxima demanda asumidos.

Tabla N° 4.20 Cantidad y potencia instalada de termas en campamentos de la mina

Parámetro	THERMAS							Total (kW)
	Numero de Termas de 1200W	Numero de Termas de 1500W	Numero de Termas de 3000W	Numero de Termas de 4000W	Numero de Termas de 5500W	Numero de Termas de 9000W	Numero de Termas de 10250W	
CANTIDAD	349	46	33	20	14	64	80	606
POTENCIA INSTALADA (kW)	419	69	99	80	77	576	820	2 140
DEMANDA (kW)	147	24	35	28	27	202	287	749

Las termas se encuentran conectadas las 24 horas a la red eléctrica.

Se considera que el número de horas de uso promedio es 10 para satisfacer necesidades de una vivienda típica compuesta por 5 habitantes.

Sin embargo para efectos de cálculo consideramos 5 horas, suficiente para atender las necesidades, por lo tanto se deberá instalar timmer en las 606 termas de la mina.

Considerando en promedio 10 horas de uso diario y un factor de carga de 0,43, se tiene:

$$\text{Consumo energía mensual} = 749 \text{ kW} \times 10 \times 30 \times 0,43 = 96\ 612 \text{ kWh}$$

Considerando el uso de timmer y una reducción a 5 horas de uso diario por terma, se tiene:

$$\text{Consumo energía mensual} = 48\ 306 \text{ kWh}$$

$$\text{Ahorro energético esperado} : 48\ 306 \text{ kWh/mes}$$

Para el cálculo del costo unitario se ha considerado 0,03542 US\$/kWh.

$$\text{Ahorro económico mensual} : 48\ 306 \text{ kWh/mes} \times 0,03542 \text{ US\$/kWh} = 1\ 711 \text{ US\$/mes}$$

$$\text{Ahorro económico anual} = 1\ 711 \times 12 \text{ meses} = 20\ 532 \text{ US\$/año}$$

$$\text{Ahorro Económico Total} = 20\ 532 \text{ US\$/año}$$

Inversión: Inversión total en 606 timmer (c/u 50.0 US\$) = **US\$ 30 300** (incluye instalación).

$$\text{Retorno de la inversión} = (\text{US\$ } 30\ 300 / \text{US\$ } 20532) \times 12 = 18 \text{ meses}$$

Recomendación: Instalar cada timmer electrónico junto a la llave o interruptor que alimenta la terma, el cual deberá realizar maniobras de conexión/desconexión en forma automática de acuerdo a un programa diario, por ejemplo en la mañana se conecta a las 03:30 y se desconecta a las 6:00 horas y en noche de 18:00 a 20:30 horas. La programación del timmer se deberá realizar para cada caso particular de acuerdo al horario de uso de agua caliente de los usuarios.

4.9 Resultados

En la Tabla N° 4.21, se aprecia los resultados en Resumen de Ahorro Global de los diferentes proyectos de eficiencia energética considerados en la Mina, los mismos que conllevan a un ahorro de energía.

Tabla N° 4.21 Resumen de Ahorro Global de Proyectos de Eficiencia Energética en la Minera Única

N°	Mejoras	Ahorro en Potencia	Ahorros Anuales Energía	Ahorros Económicos	Inversión Económica	Retorno de Inversión
		kW	kWh	US\$/Año	US\$	(Años)
Control de máxima demanda - DSM						
1	Sistema de Control de la Máxima Demanda			42772	25000	0.6
2	Desplazamiento de cargas fuera de horas punta	3000		301590	2000	0.0
Control de carga y Regulación de tensión						
3	Desconexión de un compensador síncrono en barra 23 kV	95	820800	36506	0	0.0
4	Regulación de tensión en campamentos	74	648240	28750	0	0.0
5	Control de operación del sistema de ventilación	88	378432	20258	2000	0.1
6	Control de operación de calefactores radiantes	107	932940	41378	0	0.0
Cambio de fuente de suministro						
7	Reconexión de transformador a la red eléctrica		112282	399456	12000	0.0
8	Reconexión de electrobomba pozo a la red eléctrica		135600	395580	60000	0.2
Aire comprimido						
9	Disminución de presión de aire comprimido en compresoras		772910	10189		0.0
Iluminación						
10	Control operativo y aprovechamiento de la luz natural		697958	24700	4000	2.0
11	Reemplazo de fluorescente de 40 W por 36 W	26	113497	6054		0.0
Termas						
12	Implementación de timer en las termas de viviendas		579672	20532	30300	1.5
Ahorro Total		3390	5192331	1327765	135300	4.4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. En el presente informe se observan 12 casos de ahorro de energía, sin embargo en las empresas mineras deben existir aún mas, los casos aumentarían por la implementación de sistema de gestión de ahorro que involucra proyectos a mediano y largo plazo, con inversiones que son recuperadas en corto y mediano plazo.
2. El mayor porcentaje de ahorro (60%) se observa en la mejora de cambio de suministro, es decir en la reconexión del transformador y la electrobomba a la red eléctrica, en virtud a que es más barata la energía comprada que la que se genera con grupos electrógenos.
3. En la mejora del sistema de control de la máxima demanda, se propone un control de demanda, para que al final del año el promedio no supere los 90 MW, además se propone que la demanda máxima no supere los 87 MW, por lo que se debe preveer un control manual o automático en ciertas cargas seleccionadas para cumplir este propósito.
4. En la mejora de control de potencia en horas de punta (desplazamiento de cargas), se ha identificado un grupo de cargas que puedan desplazarse su operación a horas fuera de horas de punta, esto con la finalidad de reducir los pagos por máxima demanda leída en Horas de Punta
5. La mejora de regulación de tensión en campamentos, propone reducir la tensión de todo el sistema eléctrico de campamentos en 5%, es decir bajar la tensión promedio de 224V a 213V, lo cual no afectara considerablemente la operación normal de los equipos eléctricos, con esta medida se estima una reducción en el consumo de energía de 5%.
6. La mejora de control de operación del sistema de ventilación de salas eléctricas, considera que las temperaturas son menores en la noche, por lo que se propone reducir las horas de operación de los ventiladores de seis salas eléctricas entre las 18:00 a 06:00 horas y ampliar el rango de programación de la temperatura de las salas eléctricas de 17°C a 25°C.

7. El control de operación de calefactores radiantes, propone la desconexión de los calefactores, y se recomienda mejorar el aislamiento térmico de los talleres, reparación de aberturas, sellos en las puertas, doble puerta en los accesos principales, con lo cual se mejorará la temperatura al interior del taller y se evitará el uso de los calefactores.
8. La disminución de presión de generación de aire comprimido en compresores, equivale a reducir generación de energía; por ello, es importante asegurarse de que el diseño del sistema de aire comprimido no haya considerado únicamente los requerimientos de presión máxima.
9. El control operativo y aprovechamiento de la luz natural, mas está relacionado con el cambio de hábitos de control de los sistemas de iluminación teniendo como respaldo sensores de presencia ubicados en algunas áreas de uso intermitente, para lo cual se deberá concientizar al personal mediante seminarios, afiches, letreros y otros medios de comunicación en el uso racional de la iluminación; asimismo, se ha considerado la implementación de tragaluces, ventanas y techos translúcidos en las oficinas, comedor, talleres, almacenes y otras áreas a fin de evitar el uso de iluminación artificial en el día, y aprovechar mejor la luz natural.
10. El reemplazo de lámparas de 40 W por lámparas de 36 W, permite ahorrar 4 W por lámpara instalada. Estas lámparas poseen similar flujo luminoso y la misma cantidad de horas de vida útil.
11. La implementación de Timmer en las Termas de campamentos, servirá para tener un mejor control de las horas de funcionamiento y adecuarlos a las horas de uso de agua caliente del personal y reprogramar los set point de las temperaturas máximas de los termostatos a fin de hacer un uso más racional de las termas, con lo cual se estima disminuir las horas de funcionamiento de 10h a 5h efectivas.
12. En base a los ahorros potenciales identificados en los proyectos de eficiencia energética propuestas, se estima un ahorro económico total de 1 327765 US\$/año.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los Directivos de las empresas, desarrollar programas de capacitación a fin de sensibilizar al personal de todo el complejo minero acerca de la importancia del uso adecuado y el ahorro de energía, no sólo debido al beneficio económico directo que se pueda obtener, sino también por la imagen institucional que proyectaría a su entorno, como parte de sus programas de capacitación de servicio a la comunidad.
2. Se deben realizar campaña de sensibilización con la finalidad de exaltar el interés personal y la buena voluntad de las personas involucradas. Los empleados

involucrados deben saber sus roles y responsabilidades en el esfuerzo de la administración de energía y cómo su propia actuación personal puede influenciar en los resultados finales. Toda la fuerza laboral deberá ser involucrada en el esfuerzo de mejorar la eficiencia energética. Por ello, todos deben ser conscientes de la importancia de reducir los derroches de energía con el fin de conseguir ahorros de energía y beneficios económicos, y a la vez tener beneficios adicionales medioambientales.

3. Luego de haber realizado el Diagnóstico del Uso Eficiente de la Energía se recomienda a los Directivos, tomen acción y empiecen con los Proyectos que involucren poca inversión, en el corto tiempo se darán cuenta del ahorro y procederá a iniciar inversiones en los Proyectos que requieran mayor inversión.
4. Se debe formar un Comité de Uso Eficiente de la Energía, a efectos de planeamiento, cuyos integrantes posean un perfil apropiado y una organización eficaz que permita cumplir funciones y verificar resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- /1/ Ley de Concesiones Eléctricas y su Reglamento, Decreto Ley 25844. DS 009-93-EM. Marzo 1993.
- /2/ Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía Ley N° 27345.
- /3/ Promoción del Uso Eficiente de la Energía. Decreto Supremo N° 053-2007-EM
- /4/ Uso Racional de Energía, programa de ahorro de energía 2004, Ministerio de Energía y Minas.
- /5/ Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético, DGE, Ministerio de Energía y Minas, Mayo 2008.
- /6/ Norma Opciones Tarifarias y Condiciones de Aplicación de las Tarifas a Usuario Final, aprobada por Decreto Supremo No. 054-2001-PCM.
- /7/ Normas Técnicas de Calidad de los Servicios Eléctricos, DS 020-97-EM, NTCSE.